

Resumen

En la industria química, se consumen, fabrican, almacenan y transportan productos que pueden ser muy peligrosos para los seres humanos o el medio ambiente. Por haberse producido accidentes dramáticos para los trabajadores o las poblaciones cercanas, se vigilan mucho los complejos industriales químicos y están sometidos a normas cada vez más rigurosas.

Un concepto que se está generalizando estos últimos años para mejorar la seguridad es la exigencia de la trazabilidad. El periodo más crítico en la vida de una fábrica química es el momento de su construcción y puesta en marcha. Pequeños errores durante esta fase pueden ser tan costosos como algún fallo de diseño y pueden luego llevar a consecuencias graves, tanto humanas como económicas. La trazabilidad de las operaciones de construcción y puesta en marcha permite recordar los datos iniciales de la vida de la fábrica, la manera con que fueron llevadas las operaciones y atribuir las responsabilidades; es una manera de asegurar un cierto nivel de calidad y seguridad en cada fábrica que se monta.

En este contexto, el servicio de puesta en marcha de fábricas de Air Liquide, pretendía mejorar la trazabilidad de sus documentos de calidad llamados los “estándares”, que sirven para grabar el desarrollo de esas tareas tan críticas. Eso se tuvo que hacer principalmente trabajando en la manera en que se gestiona la documentación calidad en obras. El principal trabajo fue el diseño del sistema de ordenamiento de los estándares una vez llenados por los supervisores de puesta en servicio y la creación de un estándar para explicar este sistema a los jefes de obras y auditores de calidad. Se llegó a una nueva manera de ordenar el expediente de calidad en la obra más precisa y completa. El resultado del proyecto de mejora de la trazabilidad conduce así a una mejor uniformidad de los expedientes de calidad de diferentes obras. Se garantiza ahora una búsqueda a posteriori en los expedientes más eficaz y fácil.

Una vez acabada la obra, los documentos son enviados a un centro de archivo. Allí se tiene que poder localizar precisamente cualquier documento que pueda tener su importancia en caso, por ejemplo, de una investigación sobre un incidente.





Indice

RESUMEN	1
INDICE	3
GLOSARIO	6
PREFACIO	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. LA EMPRESA	10
2.1. El grupo Air Liquide	10
2.1.1. Presentación de las actividades de Air Liquide	10
2.1.1.1. Grandes Empresas	10
2.1.1.2. La electrónica	11
2.1.1.3. Los clientes industriales	11
2.1.1.4. La Salud	11
2.1.2. Alrededor de los gases	12
2.1.3. Presencia mundial y cifra de ventas	12
2.2. Air Liquide Engineering (ALE)	15
2.2.1. Organigrama de ALE	15
2.2.2. El servicio de puesta en marcha	17
3. LOS TIPOS DE PLANTAS	18
3.1. Unidades de Separación de Aire	18
3.2. Unidades de producción Syngas (HyCO)	19
3.3. Fábricas de cogeneración	20
4. EL SISTEMA DE CALIDAD	22
4.1. Calidad del servicio de puesta en marcha	22
4.1.1. Calidad en el Grupo Air Liquide	22
4.1.2. Especificidad para la calidad del proceso "Poner en marcha"	23



4.2.	Codificación	24
5.	OBJETIVO Y FASES	27
5.1.	Contexto general	27
5.2.	Situación inicial	27
5.3.	Formalización del problema	28
5.4.	Fases del proyecto	28
5.4.1.	Desarrollo global	28
5.4.2.	Primera Fase	31
5.4.2.1.	Documentos a clasificar	31
5.4.2.2.	Estructura habitual de una planta	35
5.4.2.3.	Tareas aplicables a una planta	38
5.4.3.	Segunda Fase	41
6.	PROCESO DE REALIZACIÓN DEL EXPEDIENTE DE CALIDAD	42
6.1.	Las carpetas 10.1	43
6.1.1.	Primer elemento: el ITP del sistema	46
6.1.2.	Segundo elemento: El P&ID (<i>Piping & Instrumentation Diagram</i>)	52
6.1.3.	Tercer elemento: Interfase Construcción / Puesta en servicio	52
6.2.	Las carpetas 10.2 a 10.8	53
6.2.1.	Archivo 10.2: Blowing / Flushing	53
6.2.2.	Archivo 10.3: Drying / Inerting	54
6.2.3.	Archivo 10.4: Electricidad	54
6.2.4.	Archivo 10.5: Instrumentación	55
6.2.5.	Archivo 10.6: DGS SGS	56
6.2.6.	Archivo 10.7: RFSU	57
6.2.7.	Archivo 10.8: FIP, Pruebas de capacidades	57
7.	FUNCIONAMIENTO DEL EXPEDIENTE DE CALIDAD: EJEMPLO DE APLICACIÓN	59
7.1.	Estructura de la planta	59
7.1.1.	Descripción breve de la planta	59
7.1.2.	Las diferentes zonas y los sistemas	60
7.2.	La carpeta 10.1.1.5: el sistema <i>Reformer</i> (Refinador)	61
7.2.1.	Descripción del sistema y de las operaciones a realizar	61
7.2.1.1.	El equipamiento	61
7.2.2.	Estructura precisa de la carpeta	62
7.2.2.1.	Estructura de la carpeta	62
7.2.2.2.	Explicación de las tareas y documentos de salida	63



7.3. Utilización del expediente de calidad durante la obra	65
8. PRESUPUESTO	69
9. POLÍTICA MEDIO-AMBIENTAL	71
9.1. El desarrollo sostenible en Air Liquide	71
9.2. Preservación del medio ambiente	71
CONCLUSIÓN	73
BIBLIOGRAFÍA	74



Glosario

ALE: Air Liquide Engineering, empresa del grupo Air Liquide que diseña y instala fábricas químicas.

ASU (Air Separation Unit) Unidad de Separación del Aire

Estándar: Documento de calidad Air Liquide

FRM (Form): suelen ser estándares que tiene función de formulario para apuntar los datos significativos de la realización de una tarea.

GS (General Specification). Es un tipo de estándar que suele describir un procedimiento, la manera para llevar a cabo una cierta tarea.

HyCO: Unidad de producción de hidrógeno y monóxido de carbono.

Inertaje: Acondicionamiento de atmósfera inerte mediante nitrógeno o argón.

ITP (Inspection and Test Plan): Plan de inspección y prueba, es un tipo de FRM que presenta tareas relacionadas a un equipamiento y los estándares correspondientes.

P&ID (Piping and Instrumentation Diagram): Diagrama de tubería e instrumentación, básicamente son los planes de una unidad.

Puesta en servicio, puesta en marcha: Fase final de la instalación de una fábrica. Empieza después de la construcción y se acaba cuando el cliente firma la recepción de la unidad. Se prueban los equipamientos, los elementos de seguridad para asegurarse que el arranque de la producción se hará en completa seguridad para las personas así como para los equipamientos, y que la planta sea explotada al máximo.

Syngas: Palabra inglesa que designa una mezcla de H₂O; H₂, CO, CO₂ y CH₄.

Unidad (de producción): Fábrica, planta.



Prefacio

Para finalizar mi carrera de Ingeniero en Organización Industrial, quise poner un pie en el ámbito empresarial. Por eso elegí realizar mi Proyecto de Fin de Carrera en una empresa, en forma de una práctica.

El proyecto que describo aquí lo conduje a lo largo de los 6 meses de trabajo en los despachos de la ingeniería del grupo Air Liquide en Champigny-sur-Marne (France, Val-de-Marne) entre el 3 de abril 2006 y el 29 de septiembre. Fui asignado a varias tareas durante este periodo pero solo presentaré lo que constituye el corazón de mi actividad allí.

Esta experiencia ha sido muy formativa: aunque no pude aplicar directamente todos los métodos aprendidos en clase, me permitió desarrollar mi capacidad de trabajar en autonomía y poner a prueba mi sentido de las responsabilidades. A través de los encuentros que hice, de la oportunidad que mi jefe me dio de pasar un mes en una obra, recibí una visión muy amplia de las actividades de la Industria química en que ahora planeo empezar mi vida profesional.



Figura 0-1 Fábrica H2 de Lavera (FR) Agosto 2006





1. Introducción

Líder mundial de la distribución de gases, y servicios asociados, para la industria y la salud, Air Liquide cuenta con 31900 colaboradores repartidos en más de 70 países con una cifra de ventas alcanzando 10 435 millones de euros en 2005.

Los sectores de actividad de Air Liquide están organizados en dos entidades: la principal « Gases y Servicios » y la segunda « Alrededor de los gases ». El departamento de Ingeniería que lleva los proyectos de diseño e instalación de las plantas forma parte de la actividad « Alrededor de los gases ».

Mi actividad se desarrolló en el servicio **Construction / Commissioning** del departamento de Ingeniería Air Liquide Europa, que está encargado de la construcción y puesta en servicio de fábricas productoras de gases para las necesidades del grupo o clientes terceros. El servicio cuenta con 20 supervisores de puesta en marcha o jefes de obras.

La fase de puesta en marcha de una fábrica es la parte de su desarrollo que se encuentra entre la construcción (montaje de los equipamientos, de las tuberías, de las estructuras,...) y su explotación industrial.

El papel del supervisor de puesta en marcha es, primero, hacer las pruebas que permiten poner en marcha los equipamientos (máquinas rotativas, cubas de adsorción, válvulas, tuberías,...) con completa seguridad; luego realizar la puesta en marcha de la fábrica y, por fin, transmitirla al cliente. El jefe de obras organiza el trabajo de los supervisores y esta encargado de constituir el archivo de seguimiento de calidad.

Dentro de las diferentes especialidades presentes en una obra, la seguridad es una actividad común a todos. Air Liquide es legalmente responsable de la seguridad de su personal y también de los subcontratados para la construcción y la puesta en servicio de la unidad. La seguridad de las personas que construyen y que van a operar la fábrica es una prioridad que implica la utilización de un sistema de seguimiento de la calidad.

Una buena manera de organizar este sistema de seguimiento es un factor clave para que sea utilizado por los supervisores y que pueda servir ulteriormente. El objetivo de este proyecto era el establecimiento de tal sistema. Tiene que ser bastante ligero, lógico y entendible para que sea utilizado por los supervisores. Por otra parte tiene que ser bastante completo y preciso para que se pueda encontrar cualquier documento cuando se necesita. Y finalmente debe ser robusto para que no sufra de modificaciones que puedan ocurrir en el futuro (con el sistema de estándares, o la complejidad de las unidades por ejemplo) y que no deje sitio a la interpretación de como se tienen que ordenar los documentos.



2. La empresa

2.1. El grupo Air Liquide

Fundado en 1902, Air Liquide es un grupo internacional cuya principal actividad es proveer oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, así como otros gases para una gran variedad de industrias (por ejemplo: acero, refinerías, química, vidrio, electrónica, papel, metalurgia, agroalimentario y espacio) y a los profesionales de la salud.

Gracias a su implicación en la tecnología y la innovación, Air Liquide está hoy en día a la cabeza de las tecnologías en el sector de los gases industriales, y eso desde hace más de cien años. Su objetivo es, y siempre ha sido, llevar repuestas a las necesidades de los clientes con una constante mejora de su peritaje y competitividad. Eso se traduce en una búsqueda continua de soluciones innovadoras que aumentan las capacidades de los clientes industriales, protegiendo el medio ambiente.

La estrategia del grupo está orientada hacia el desarrollo sostenible a través de una mejora continúa en términos económicos, sociales y humanos. Air Liquide ha llevado con éxito desde 1902 una política de responsabilidad y de transparencia.

2.1.1. Presentación de las actividades de Air Liquide

En el sector de los **Gases y Servicios**, Air Liquide organiza su oferta de productos y servicios en 4 grandes actividades.

2.1.1.1. *Grandes Empresas*

Air Liquide propone a las grandes empresas industriales mundiales soluciones gas y energía para mejorar la eficiencia de sus procesos y ayudarlos a respetar el medio ambiente de mejor manera. Los mercados principales aprovisionados son:

- Refinadura y gas natural
 - Hidrógeno para quitar sulfuro a los carburantes y “cracking” de los hidratos de carbono,
 - Oxígeno para gasificar los residuos petroléos o transformar el gas natural en carburantes.



- Química: gases del aire, hidrógeno y monóxido de carbono utilizados por la fabricación de poliuretanos y poli carbonatos.
- Metales: Oxígeno y argón para la acerías.

2.1.1.2. *La electrónica*

El grupo aprovisiona los fabricantes de semi-conductores:

- Fluidos ultra puros: gases vector, gases especiales y líquidos químicos,
- Equipamientos y instalaciones de utilización de esos fluidos

Air Liquide asegura también un servicio de gestión de los fluidos: presentes en sitios de clientes electrónicos en el mundo, el grupo esta encargado de la gestión completa de los gases y líquidos químicos ultra puros.

2.1.1.3. *Los clientes industriales*

Las actividades agrupadas bajo la terminología Clientes Industriales representan sectores muy diversos distribuidos en más de 65 países. Son artesanos, institutos de investigación, laboratorios o fábricas agroalimentarias...

Air Liquide provee a este tipo de clientes:

- Los gases bases de varios procesos: fabricación del vidrio, tratamiento de los metales, conservación de los alimentos, componentes electrónicos, elaboración de medicinas y química fina,
- Unidades de producción en el sitio del cliente,
- Nuevos servicios: trazabilidad, análisis de productos, metrología

2.1.1.4. *La Salud*

La actividad de Air Liquide en el sector de la salud agrupa numeras prestaciones a los hospitales y a los domicilios de los pacientes. Este sector se ejerce en 3 ámbitos:

- Proveer gases médicos: oxígeno, desarrollo de nuevas aplicaciones terapéuticas...



- Los servicios y equipamientos para hospitales: distribución de gases, esterilización de los instrumentos médicos y cryoconservación, materiales de anestesia y reanimación.
- La higiene y las prestaciones de cuidado a domicilio: tratamiento de la insuficiencia respiratoria, de la apnea del sueño y de diabetes, productos y servicios de desinfección.

Al lado de estas cuatro actividades, Air Liquide también está presente en otros sectores **Alrededor de los gases.**

2.1.2. Alrededor de los gases

A partir de las actividades de gases, Air Liquide desarrolló capacidades en sectores complementarios. Se ejercen en:

- La soldadura-corte de los metales: aprovisionamiento en material y consumibles.
- La ingeniería y la construcción: diseño y construcción de unidades de producción de gas.
- Las temperaturas muy bajas (criogénica, espacial): equipamientos para satélites.
- Los productos de especialidad: química.
- El submarinismo.

2.1.3. Presencia mundial y cifra de ventas

Un desarrollo internacional siempre ha sido una prioridad en Air Liquide. Desde sus principios en 190, el grupo se extendió rápidamente en el mundo entero. En 1911, Air Liquide tiene oficinas en Francia, Bélgica, Japón, Italia, Grecia, Canadá y Suecia. En los años 1940, el grupo está presente en 22 países y al final de los años 70, en 43 países.

Hoy en día Air Liquide cuenta con:

- 8400 millones de euro de cifra de ventas en 2003 (76% fuera de Francia)



- 1 millón de clientes
- 550 unidades principales de producción
- 130 filiales en más de 70 países
- 31 900 colaboradores
- 7035 patentes registrados (236 en 2003)
- 1 961 invenciones
- 350 000 accionistas

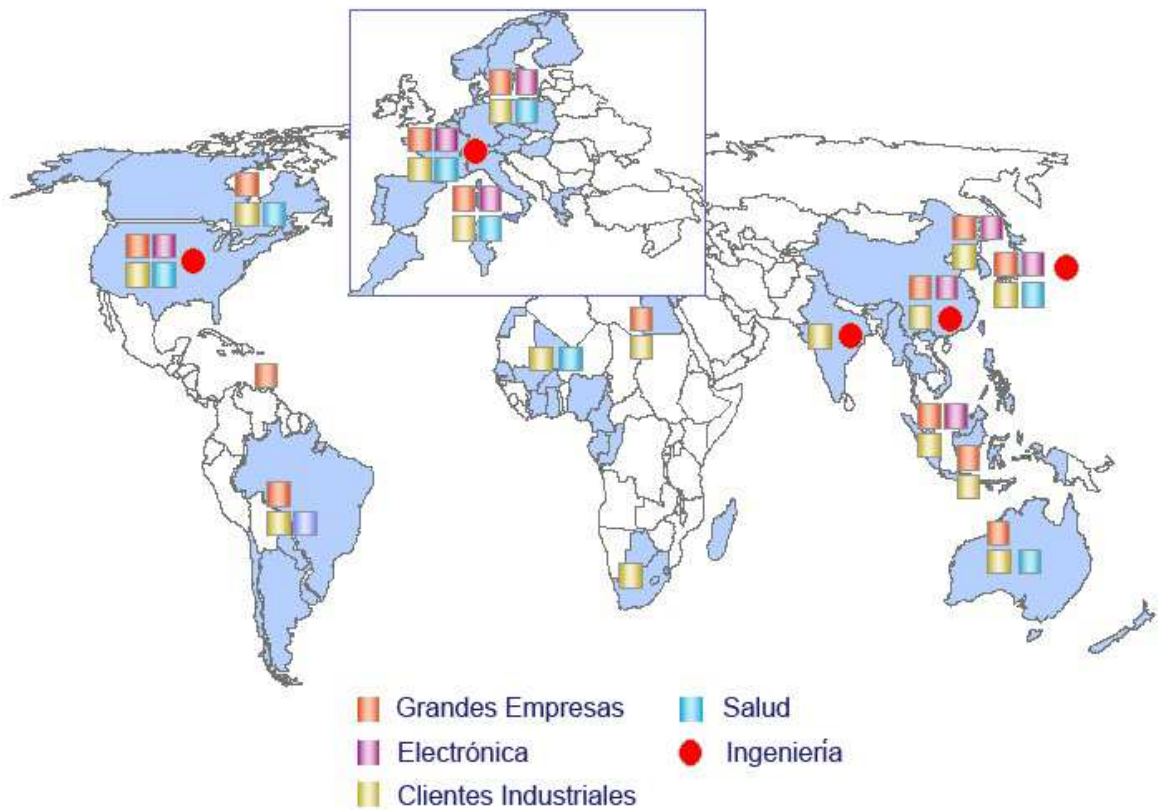


Figura 2-1 Presencia mundial de Air Liquide

Esta sólida presencia mundial es una ventaja fundamental por minimizar los riesgos y perseguir su desarrollo en zonas de alto potencial



El reparto de la cifra de ventas según las diferentes actividades del grupo enseña que el departamento de ingeniería representa casi la mitad de la cifra del sector Alrededor de los gases.

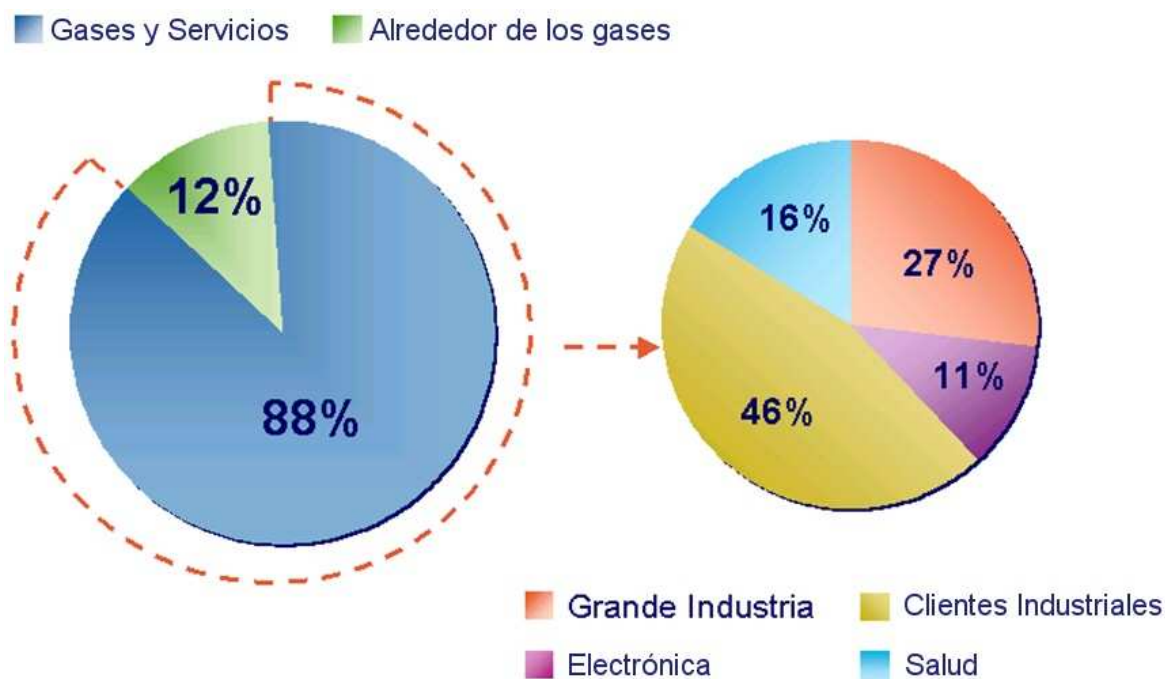


Figura 2-2 Reparto de la cifra de ventas entre las diferentes actividades del grupo (Datos de 2004)

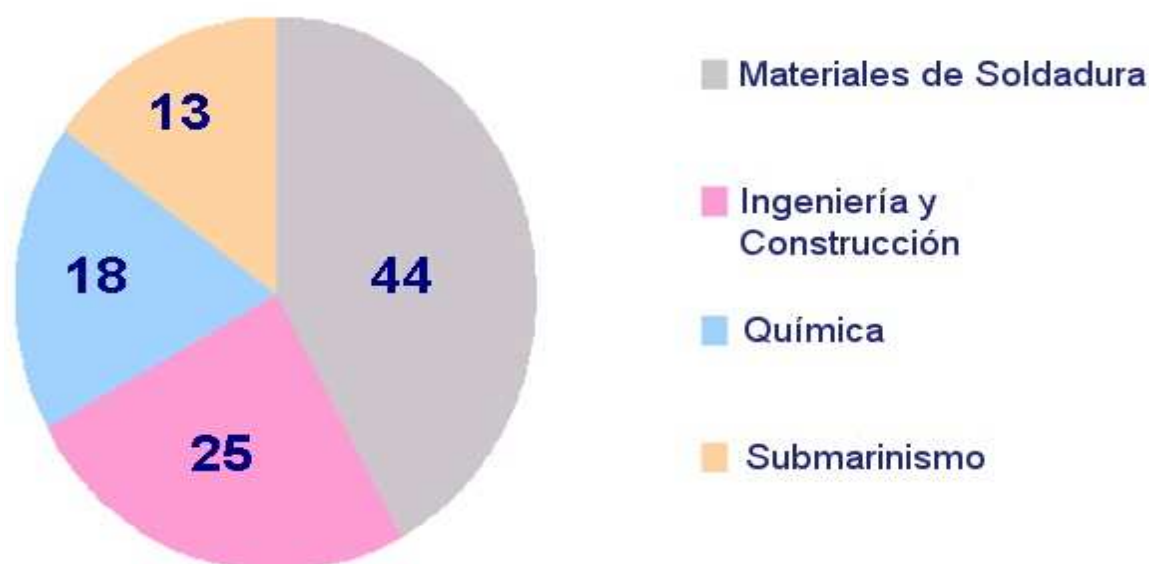


Figura 2-3 Composición de la cifra de ventas de la actividad Alrededor de los gases



2.2. Air Liquide Engineering (ALE)

La ingeniería de Air Liquide (ALE) cuenta con 1400 colaboradores que trabajan en red desde 5 polos diferentes en el mundo (Francia, América del Norte, Japón, China e India). Diseñan y construyen fábricas de producción de gas del grupo y de los clientes terceros. Los tipos de fábricas están descritos en el capítulo 3.

Estos centros son responsables de la Ingeniería, del desarrollo tecnológico, del análisis de la subcontratación de tecnologías complementarias y de la gestión de las alianzas con los proveedores.

Las fábricas son vendidas a otras entidades de Air Liquide o terceros partes como los siderúrgicos, complejos petroquímicos, productores de productos químicos u otros industriales.

ALE construye fábricas en el mundo entero; las zonas donde tradicionalmente están ubicadas son Europa, Asia del Sur-Oeste, África del Sur, América del Sur (Chile, Argentina). Las zonas emergentes hoy son el Oriente Medio, Rusia, Ucrania y India.

2.2.1. Organigrama de ALE

Los servicios de construcción y puesta en servicio que tienen cada uno un jefe están dirigido por el director de Actividades en Obra. Este mismo pertenece directamente a la dirección de proyectos que lleva todos los proyectos de la ingeniería y que está directamente bajo las órdenes del director de Ingeniería M. Mouliney.



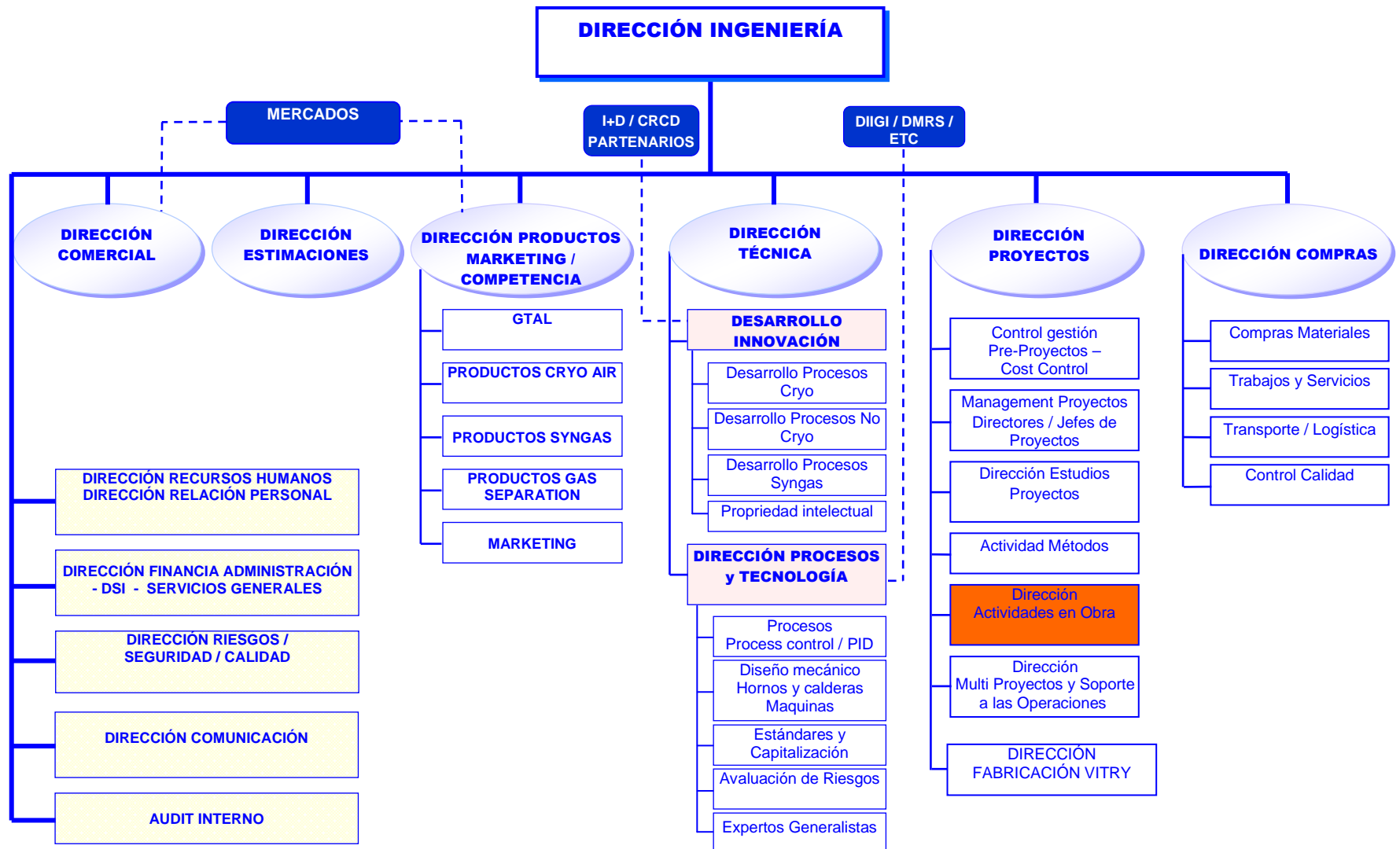


Figura 2-4 Organigrama de ALE

2.2.2. El servicio de puesta en marcha

Los servicios de construcción y puesta en marcha pertenecen a la dirección de proyectos y más precisamente de la dirección actividades en sitio. Están encargados de la realización de los proyectos.

Los trabajos del servicio “Puesta en marcha” son los siguientes

- Identificar, en fase de elaboración de la solución, las necesidades en recursos, capacidades y estimación de los costes.
- Realizar las operaciones requeridas a la puesta en servicio y puesta en marcha.
- Elaborar el manual operatorio de las fábricas.
- Entregar al cliente de una unidad competente, conforme a las exigencias contractuales.
- Asegurar la trazabilidad de los controles y pruebas realizados durante la puesta en marcha.
- Capitalizar la experiencia de cada una de estas unidades para el parte puesta en servicio / marcha.

El servicio de puesta en marcha cuenta con un jefe de servicio y su asistente y un equipo de 20 supervisores/jefes de obras de puesta en marcha



3. Los tipos de plantas

Los principales diferentes tipos de plantas que desarrolla ALE son:

- ASU: Unidades de Separación del Aire: argón, nitrógeno y oxígeno principalmente en forma gaseosa o líquida, así como helio, criptón, neón y xenón.
- Fábricas Signas (HyCO): Hidrógeno y monóxido de carbono
- Fábricas de Cogeneración: generadora de electricidad.

3.1. Unidades de Separación de Aire

Las unidades de producción de gases del aire producen principalmente oxígeno y nitrógeno así como gases nobles en forma líquida y/o gaseosa. El proceso de fabricación se refleja en la Figura 3-1.

Básicamente, se depura y enfría aire antes de introducirlo en una columna de destilación. Se utilizan las diferencias de temperaturas de vaporización de los diferentes gases del aire para separarlos.

El aire está aspirado en un compresor a través de un filtro que detiene el polvo. El compresor aumenta la presión para poder hacer circular el aire en las tuberías. A continuación el aire está depurado para quitarle las moléculas de agua y dióxido de carbono (CO₂).

Instalada en la caja fría, perfectamente aislada para funcionar a -196°C, la columna de destilación consta con un parte llamado Baja Presión y otro llamado Media Presión. La separación de las moléculas de oxígeno (O₂) y nitrógeno (N₂) está obtenida por cambios entre el líquido bajando y el gas subiendo. Las moléculas más volátiles (N₂) se elevan cuando las más pesadas (O₂) bajan.

El oxígeno, el nitrógeno y el argón están almacenados a temperaturas cercas de -200°C. Los almacenamientos se componen de 2 capas. El recipiente interior en acero inoxidable y el exterior en acero carbono. El espacio entre las 2 capas está llenado con un aislador potente, la perlita. La capacidad de los almacenamientos varia entre 1 y 5 millones de litros.



GASES DEL AIRE

NG= Nitrógeno Gaseoso
 NL= Nitrógeno Líquido
 OL= Oxígeno Líquido
 ArL= Argón Líquido

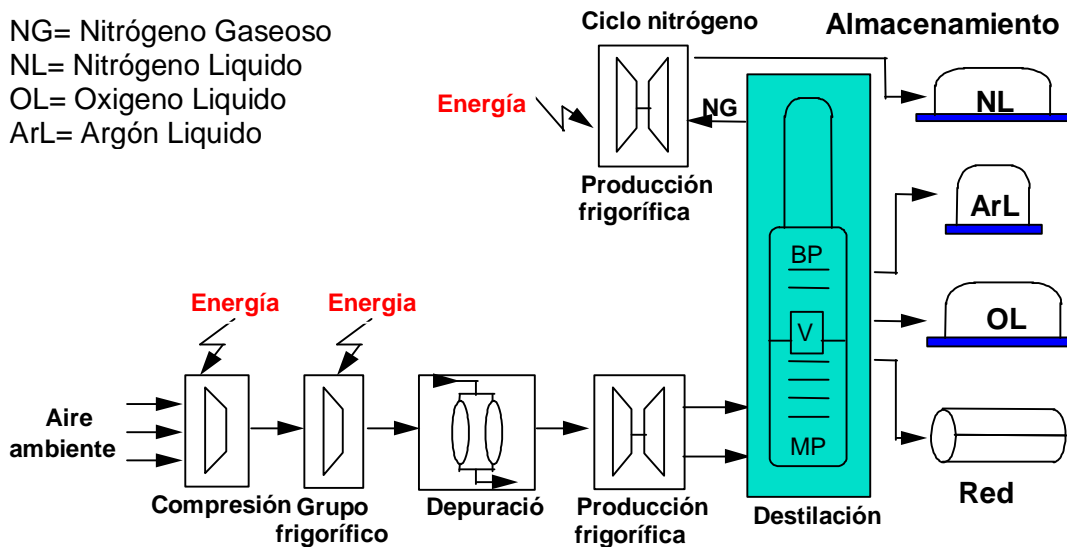


Figura 3-1 Proceso de separación del aire

Aire es la materia primera del proceso de producción. Las salidas de materias corresponden a los fluidos producidos. Se puede considerar como un proceso no contaminante por la materia primera utilizada y ninguna utilización de productos químicos conexos a lo largo del proceso.

3.2. Unidades de producción Syngas (HyCO)

Las materias primeras utilizadas están variadas: hidratos de carbono fósiles (gas natural habitualmente), metanol, hidrógeno impuro, etc.

Las unidades Syngas o HyCO (Hidrogeno y monóxido de carbono) están compuestas de los principales elementos siguientes:

- Una unidad de generación de gas (syngas), en la mayoría de los casos es una refinadura con vapor de gas natural (SMR por *Steam Methan Reformer*).
- Una unidad de separación del syngas, donde se separa en CO y H₂ después de la eliminación del CO₂. Esta separación esta basada en una combinación de tecnologías de separación de Air Liquide: membranas, destilación criogénica, adsorción...



Como ejemplo el esquema ilustrando un caso particular de producción de hidrogeno y CO está dado más abajo en la Figura 3-2.

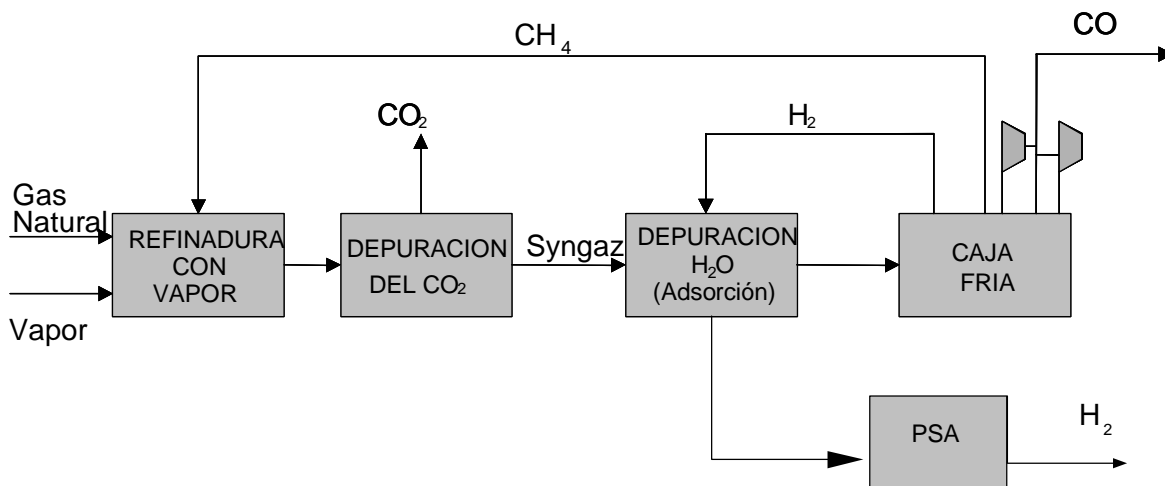


Figura 3-2 Proceso de producción H2 CO

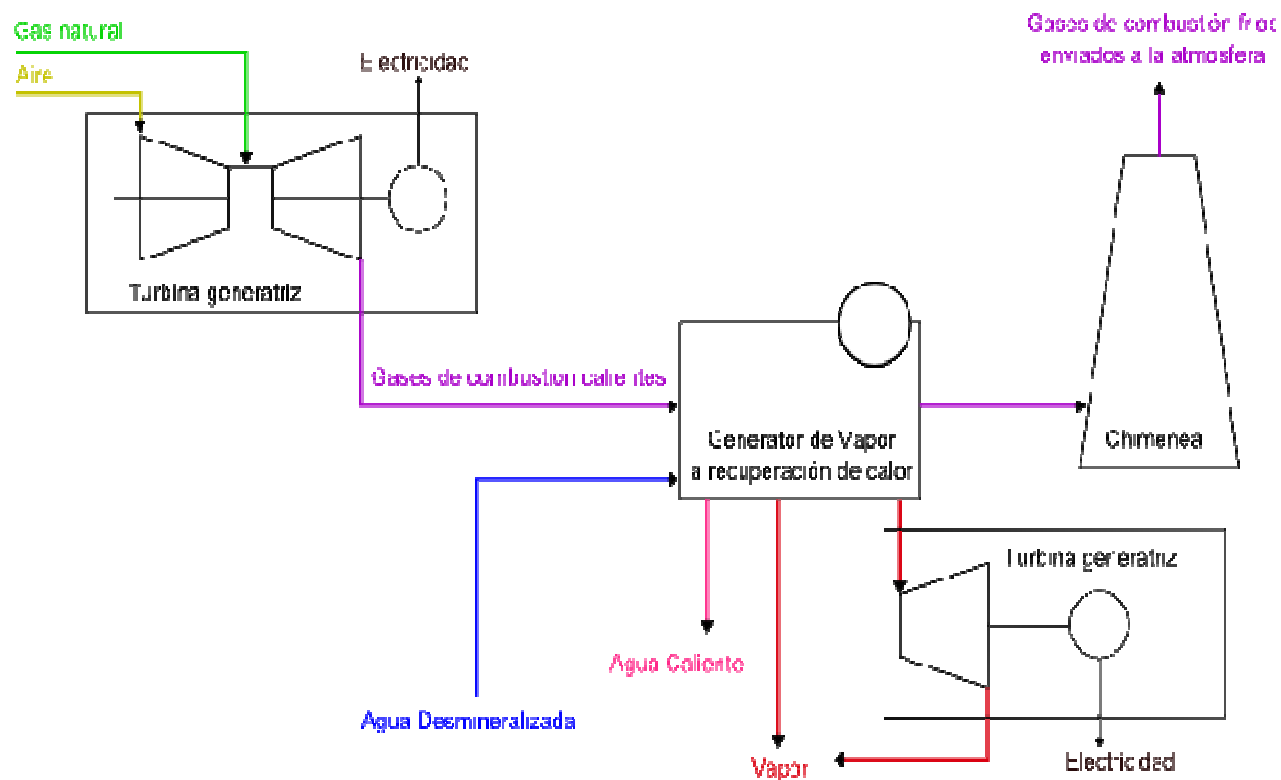
3.3. Fábricas de cogeneración

Producen a la vez vapor y energía mecánica a partir del mismo combustible. La energía mecánica se utiliza para producir energía, el vapor es utilizado en el proceso de fabricación asociado a la fábrica de cogeneración. En el aspecto energético, esta técnica es entre un 20% y 30% más eficaz que las técnicas de producción separada de vapor y electricidad.

La electricidad representa una parte muy importante en los gastos de producción de gases. Con la cogeneración, la producción simultánea de vapor y electricidad, se puede lograr un ahorro de 20% de fuel.

La cogeneración juega un papel llave en la reducción de los costes de nuestra energía y en la estrategia de extensión de la oferta.



**Figura 3-3 Cogeneración de Vapor i Electricidad**

4. El sistema de calidad

4.1. Calidad del servicio de puesta en marcha

4.1.1. Calidad en el Grupo Air Liquide

Los aspectos de la vida de los documentos de calidad del servicio de puesta en marcha quedan expuestos en el Manual de Gestión de la Calidad Air Liquide que justifica y explica como satisfacer los objetivos de los expedientes calidad en las obras.

Gestión de las grabaciones

Es la responsabilidad de cada autor de documentos que expresan la prueba de la conformidad de las prestaciones de ALE de asegurarse

- Que está marcado para facilitar la identificación del material al cual se aplica.
- Que está legible de manera a asegurar su reproducción (impresión, fotocopia, fax...).

A continuación vemos lo que adviene del expediente de calidad que se constituye durante la obra. Al final de la obra, se envía a los especialistas del equipo de proyecto para análisis y actualización de los manuales operatorios y documentos reglamentarios y luego se va a archivar:

Archivos de documentos en la obra

Los atestados de controles, pruebas y de recepción de fin de construcción realizados en la obra, así como de las pruebas de capacidades y recepción provisoria de la unidad son transmitidos al proyecto para estar archivados.

El ordenamiento de los documentos en el expediente tiene entonces que estar bien hecho para que se encuentre lo que se pueda buscar a posteriori:



Archivo

Las reglas de ordenamiento de los documentos de un proyecto durante el periodo de garantía mecánica están detalladas en el estándar E-AP-19-1-24. **Los expedientes están almacenados en locales de una empresa especializada en el archivo**, que disponga de instalaciones apropiadas para asegurar una protección contra el fuego, el agua y el espionaje industrial.

La constitución del expediente de calidad de puesta en marcha es la responsabilidad del jefe de obras, y se debe archivar por 10 años:

Conservación de los documentos	Responsable	Duración
Plan de management de Proyecto	Jefe de proyecto	30 años
Informe de etapas de diseño	Jefe de proyecto	30 años
Check list de comprobación de los documentos Oficina Técnica	Jefe de proyecto	Fin de garantía
Tabla de comparación de proveedores	Jefe de proyecto	10 años
Informe de inspección de los constructores	Control Calidad	10 años
Expedientes reglamentarios	Control Calidad	Según ley local
Expediente de control calidad de la obra (fase de construcción)	Jefe de Obras	30 años
Atestados de pruebas de capacidades y recepción provisoria	Jefe de Obras	10 años
Expediente constructor	Control Calidad	30 años

Tabla 4-1 Responsabilidades y duración de conservación de los documentos calidad de un proyecto

4.1.2. Especificidad para la calidad del proceso “Poner en marcha”

Dentro del sistema de management de la calidad por procesos [Ref biblio] de Air Liquide se encuentra el proceso “Realizar un proyecto” cuya ultima etapa es “**Instalar**: Construir y Poner en marcha”.

Las fases de la puesta en marcha serían: *(las líneas marcadas representan las funciones directamente relacionadas con este proyecto)*



- Iniciar
- Preparar la obra
- Establecer y comunicar las medidas de seguridad
- Empezar la obra
- Gestionar la interfase Construcción / Puesta en marcha
- **Poner en marcha – Hacer las pruebas**
 - **Preparar los puntos de control “ITP”**
 - Validar los criterios para cada control
 - **Rellenar los atestados de control**
 - Gestionar las modificaciones en la obra
 - **Crear el expediente de calidad**
 - Seguir el nivel de progreso de las operaciones de puesta en servicio y puesta en marcha
 - Preparar el informe “Ready for start-up”
 - Formar al personal de explotación
- Entregar la unidad al cliente
- Evaluar y difundir la experiencia

4.2. Codificación

Los procedimientos de puesta en servicio y tramas de atestados de pruebas y control, están detallados en una centena de estándares que forman parte del proceso de puesta en marcha. Estos documentos de varios tipos tienen una extensión de 1 a 50 páginas de varios tipos y con una numeración rigurosa y común al grupo.

Para toda la empresa, la numeración tiene una estructura fija empezando por la entidad de la ingeniería que utiliza el documento seguido por el acrónimo que corresponde al tipo de documento y una numeración separando los documentos entre los diferentes servicios:

Entity	-	Acronym	-	Section-Subsection	-	Sequential number
W	-	XX(X)	-	X-X	-	1

Tabla 4-2 Estructura de la numeración de los estándares

La primera letra indica el alcance del estándar. La separación proviene de los estándares utilizados por las diferentes oficinas de la ingeniería:

- W: Worldwide
- E: Europa



- A: América
- ...

Los diferentes tipos de estándares son 20 pero solo hay 2 tipos principales usados por el servicio de puesta en marcha:

- Los estándares de Ingeniería general designados por los acrónimos EP y GS, “Engineering Practice” y “General Specification”, que describen y explican como se tiene que hacer cada una de las operaciones de puesta en marcha.
- Los estándares que se deben rellenar que tienen los acrónimos FRM y TPL, “Form” y “Templates”, y que son formularios y plantillas que permiten atestar el resultado de una operación o ayudar a llevarla a cabo.

Luego se apunta una de las 20 secciones: la puesta en marcha es la 10. Las secciones están divididas en sub-secciones. Por ejemplo, para la puesta en marcha:

10	START-UP	
10-0	General	
10-1	(not used)	
10-2	(not used)	
10-3	Vessels	Recipientes - tanques
10-4	(not used)	
10-5	Piping and equipments	Tuberías y equipamientos
10-6	Rotating Machines	Máquinas rotativas
10-7	Electrical	Electricidad
10-8	Instrumentation	Instrumentación
10-9	Paint and Insulation	Pintura y Aislamiento
10-10	Safety	Seguridad
10-11	Quality	Calidad
10-12	Administration	Administración

Tabla 4-3 Sub-secciones de los estándares de puesta en servicio



Por ejemplo el documento que establecí, y que constituye el centro del sistema de gestión de la documentación en la obra, es el E-GS-10-11-1 *Commissioning Quality File*. El contenido de este documento se detallara en el capítulo 6, Proceso de realización del expediente de calidad

Los estándares de Air Liquide están disponibles para todos los empleados a través del intranet de la empresa que contiene una base de datos con un motor de búsqueda.

Antes de estar publicado, un estándar pasa por un proceso de aceptación que implica las personas interesadas por este documento.



5. Objetivo y fases

5.1. Contexto general

En el sector de la química, es muy importante el tema de la seguridad. Un complejo químico tiene productos que pueden ser peligrosos. En caso de accidente se juega la vida de los trabajadores de la planta y de las poblaciones de los alrededores y del medio ambiente. El accidente de Seveso (pequeña ciudad cerca de Milán, Italia) en 1976 fue origen de una directiva europea sobre los riesgos de accidentes mayores de algunas actividades industriales. Esta directiva llamada seveso se aplica a los establecimientos potencialmente peligrosos a través una lista de actividades y sustancias asociadas a valores límites y ordenamientos.

El tema de seguridad está íntimamente relacionado con la trazabilidad y la calidad. La trazabilidad representa el acceso a los documentos que registraron como se hizo cada tarea. El funcionamiento del sistema que permite la trazabilidad se tiene que describir en los estándares de la empresa que reflejan el sistema de calidad. Es importante tener un sistema de trazabilidad eficaz. Eso permite asegurar la conformidad reglamentaria de los equipamientos y en caso de accidente o de quejas, se debe poder averiguar en los documentos de calidad que las operaciones de puesta en servicio fueron llevadas correctamente y determinar el nivel de las responsabilidades.

Las exigencias actuales del entorno llevan Air Liquide a trabajar respetando unas normas de calidad muy rigurosas. Air Liquide ha recibido el certificado de calidad de la conformidad con el contenido de la norma UNE EN ISO 9001:2000, en todas sus actividades y algunas de sus plantas de producción están sometidas a la directiva Seveso.

5.2. Situación inicial

Antes de mi llegada en el servicio de puesta en marcha, ya se utilizaban documentos de calidad y se rellenaban atestados de pruebas. Pero cada jefe de obras utilizaba una manera diferente de ordenar, y si al final dedicaban el tiempo necesario a la calidad, la trazabilidad era muy difícil respecto al sistema descrito previamente.

Había que encontrar un orden lógico para encarpetar toda esta documentación más o menos similar para un mismo tipo de unidad (ASU y HyCO principalmente). Y el siguiente paso era explicar y detallar este orden en un estándar que permitiera a los jefes de obras saber como se tiene que preparar el expediente de calidad.



5.3. Formalización del problema

El objetivo general de mejora de la trazabilidad de la documentación de calidad de la puesta en marcha comprendía entonces los aspectos siguientes:

- Diseñar un sistema de ordenamiento de la documentación de calidad que permita uniformizar los expedientes de calidad de diferentes obras.
- Diseñar un estándar interno de la empresa para aplicar este sistema.

Las condiciones a respetar para obtener el sistema final fueron las siguientes:

- La necesidad de trazabilidad: que no haya sitio a la interpretación libre y que cada obra tenga un expediente estructurado de la misma manera.
- La facilidad de aplicación: el jefe de obras y los supervisores de puesta en marcha tienen una carga de trabajo muy importante y no se puede obligarles a rellenar demasiados papeles.
- La máxima fiabilidad del sistema: que sea robusto en caso de modificación en el sistema de estándares, los tipos de unidades,...

5.4. Fases del proyecto

5.4.1. Desarrollo global

Utilicé las dos primeras semanas de mi estancia en la empresa para familiarizarme con el entorno. Recibí formaciones sobre el intranet y la base de datos de los estándares, sobre la seguridad en las oficinas de Champigny sur Marne y en cualquier obra de Air Liquide. La empresa tiene como prioridad la seguridad y aprendí los comportamientos a tener en un complejo químico, los peligros implicados con la presencia de los principales gases que Air Liquide utiliza en previsión de mi futura estancia en una obra.

Después de 2 semanas, tuvo lugar el primer encuentro con el jefe del servicio de puesta en marcha Laurent Belloeil que me dio brevemente el resultado que esperaba de mi trabajo y luego nos encontramos cada semana cuando su disponibilidad lo permitía para que contestara mis preguntas y siguiera mi progresión.

Establecí un primer borrador de lo que podría ser el estándar describiendo la creación del expediente de calidad de puesta en marcha con lo que había visto en los estándares. Disfruté de la estancia en las oficinas de tres jefes de obras en fase de preparación de obra para preguntarles sobre sus maneras de gestionar el expediente calidad en la obra.



Después de eso, planteé las variaciones encontradas al jefe de servicio y discutimos juntos de cual eran las mejores prácticas y nos fijamos en una estructura definitiva. Realice un segundo borrador, adaptando los estándares dependiendo del sistema de organización (descritos en los apartados siguientes).

Mi estancia de cinco semanas en la obra de Lavera cerca de Marseille me permitió comprobar si las elecciones que habíamos hecho eran más o menos acertadas y participar a la elaboración de un expediente de calidad. De vuelta a las oficinas de la Ingeniería en Champigny se hicieron las últimas modificaciones de los estándares, que luego fueron publicados.

En la Figura 5-1 Diagrama de Gantt del proyecto.



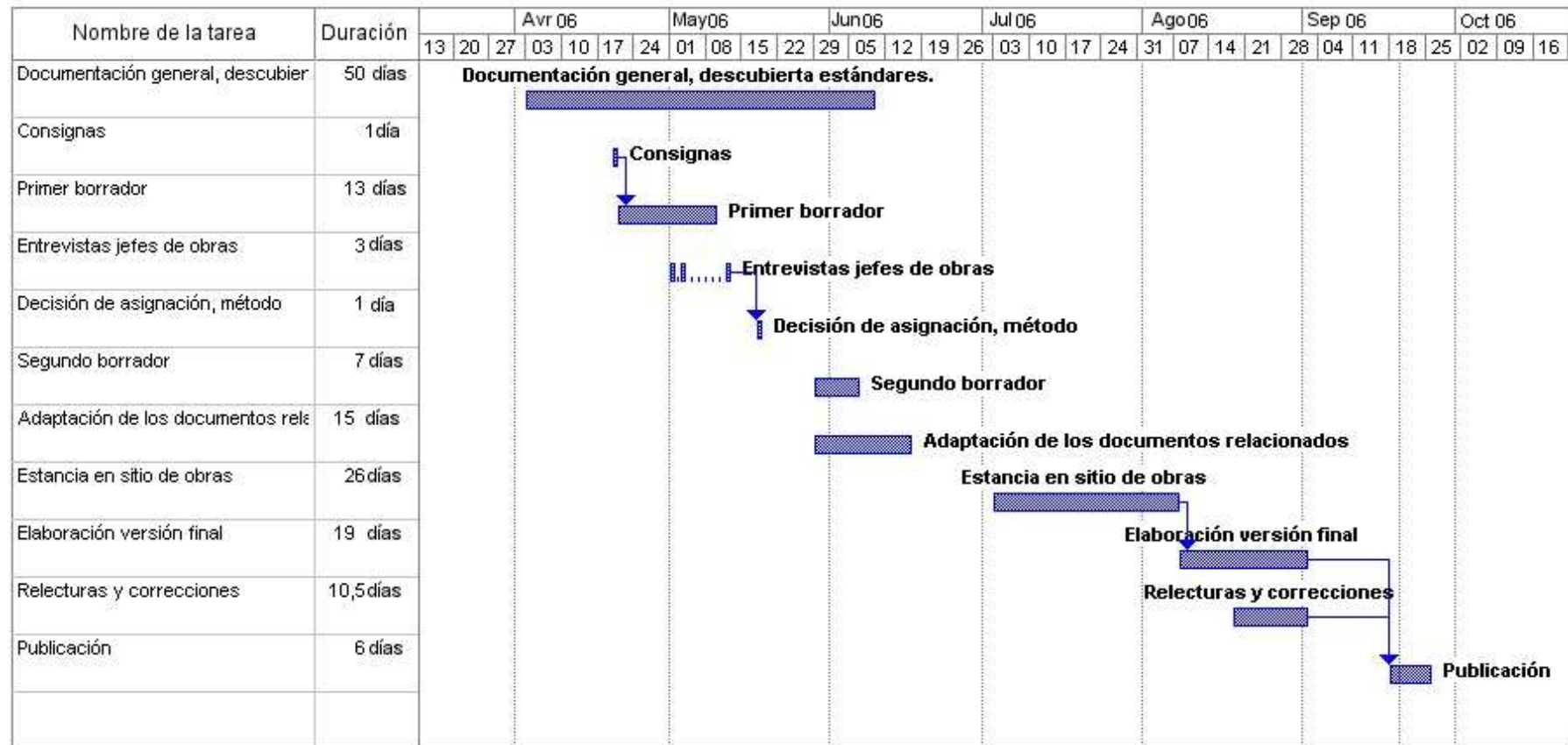


Figura 5-1 Diagrama de Gantt del proyecto

5.4.2. Primera Fase

El primer paso fue determinar la estructura del archivo de documentos. La gran cantidad de documentos a ordenar implica que no es suficiente darles un orden, se tiene que estructurar. Se hizo mediante el análisis de las formas de trabajo más corrientes utilizadas por los equipos de puesta en marcha para separarse el trabajo. Permitted ver como se comparten las unidades de producción y como se podían agrupar los equipamientos de una fábrica. La meta de esta investigación fue establecer la mejor estructura posible del expediente de calidad, siempre teniendo en mente la idea que mejorando esa estructura y explicándola con precisión permitiría mejorar la trazabilidad de los documentos que contiene.

A continuación vamos a ver la conducta que permitió establecer el sistema de organización del expediente de calidad de la puesta en marcha. Hubo que recoger los documentos a clasificar y en qué tipo de estructura se podían encajar.

5.4.2.1. Documentos a clasificar

La primera cosa importante antes de empezar a preguntarse como clasificar fue recoger informaciones sobre lo que hay que clasificar y cuáles son los documentos de calidad que se tienen que poder encontrar fácilmente.

La repuesta me llegó principalmente mirando la lista de los estándares FRM de la sección de puesta en marcha. Pero no era exhaustiva ya que se utilizan otros documentos que no son registrados como estándares:

- <i>Daily allowance receipt</i>	E-FRM-10-0-10
Recibido de indemnización diaria	
- <i>Field punch list</i>	E-FRM-10-0-11
Lista de reservas parcial	
- <i>Consolidated Punch list</i>	E-FRM-10-0-12
Lista de reservas completa	
- <i>Site file Index</i>	E-FRM-10-0-1
Indice de los sistemas en obra	
- <i>Site file Label</i>	E-FRM-10-0-2
Etiquetas para las carpetas en obra	
- <i>Weekly Report</i>	E-FRM-10-0-3
Informe semanal	
- <i>Checkers' Signature</i>	E-FRM-10-0-4
Firmas de los representativos	
- <i>Commissioning Construction Interface</i>	E-FRM-10-0-5
Interfase construcción / puesta en marcha	
- <i>Final acceptance certificate</i>	E-FRM-10-0-6
Certificado de aceptación final	



- <i>Provisional acceptance certificate</i> Certificado de aceptación provisoria	E-FRM-10-0-7
- <i>Site Memo</i> Memo para la obra	E-FRM-10-0-8
- <i>Meeting attendance</i> Participación a una reunión	E-FRM-10-0-9
- <i>Arrival Safety Training Agreement</i> Atestado de formación inicial de seguridad	E-FRM-10-10-1
- <i>ITP per System Follow Up</i> Seguimiento de las inspecciones por sistema	E-FRM-10-11-2
- <i>Feedback Request</i> Pedida de Feedback	E-FRM-10-11-3
- <i>ITP Site Commissioning Management</i> Gestión general de la puesta en marcha	E-FRM-10-11-4
- <i>ITP for Pre Commissioning per system</i> Plan de inspección por sistema	E-FRM-10-11-5
- <i>Process System Drying Out Report</i> Informe de secado del sistema	E-FRM-10-3-10
- <i>Refractory Drying Out Report</i> Informe de secado del refractario	E-FRM-10-3-11
- <i>Final Close Up Report</i> Informe de cierre final	E-FRM-10-3-13
- <i>Vessel Drum Tower Column Internal Report</i> Informe de inspección interna de recipiente	E-FRM-10-3-14
- <i>PSA Filling Report</i> Informe de llenado del PSA	E-FRM-10-3-15
- <i>Tubular Reformer Catalyst Loading record sheet</i> Tabla de datos de cargamento del horno	E-FRM-10-3-16
- <i>Breakthrough CO2 test</i> Prueba de perforación por CO2	E-FRM-10-3-17
- <i>Catalyst Adsorbent Loading Report</i> Informe de cargamento de catalizador	E-FRM-10-3-1
- <i>ITP for SMR Inspection after Dry out</i> Plan de inspección del horno después del secado	E-FRM-10-3-2
- <i>Leak Test Report</i> Informe de prueba de escape	E-FRM-10-3-3
- <i>Chemical Product Loading and Dosing Report</i> Cargamento y dosificación de producto químico	E-FRM-10-3-6
- <i>Inerting Report</i> Informe de inertaje	E-FRM-10-3-7
- <i>Internals Loading and Installation Report</i> Informe de cargamento de partes internas	E-FRM-10-3-9
- <i>Spectacle Blind Follow up</i> Seguimiento de los obturadores a gafas	E-FRM-10-5-10
- <i>Support Inspection Report</i> Informe de inspección de los soportes	E-FRM-10-5-11
- <i>Filter Inspection Report</i> Informe de inspección de filtro	E-FRM-10-5-12
- <i>Consolidated Follow up List for Restriction, Noise and Flow Orifices(FO, RO, NO)</i> Lista de seguimiento de los orificios	E-FRM-10-5-13



- <i>Pressure Safety Valve Inspection Report</i> Informe de inspección de valvulas de seguridad	E-FRM-10-5-15
- <i>Restriction noise and flow orifice inspection report</i> Informe de inspección de orifice	E-FRM-10-5-16
- <i>Consolidated List for spring support release</i> Lista de liberaciones de soporte a resorte	E-FRM-10-5-17
- <i>Chemical Cleaning Report</i> Informe de limpieza química	E-FRM-10-5-1
- <i>Blowing and Flushing Report</i> Informe de soplado	E-FRM-10-5-2
- <i>Spring Support Release Report</i> Informe de liberación de soporte a resorte	E-FRM-10-5-3
- <i>Blowing Preparation Procedure</i> Procedimiento de preparación de soplado	E-FRM-10-5-5
- <i>Pressure Safety Valves Inspection</i> Inspección de válvula de seguridad	E-FRM-10-5-6
- <i>Mechanical Cleaning Report</i> Informe de limpieza mecánica	E-FRM-10-5-7
- <i>PID Check List per Test Pack or System</i> Lista de comprobación de P&ID por sistema	E-FRM-10-5-8
- <i>Blind Flange Consolidated Installation and Removal List</i> Lista de seguimiento de los obturadores	E-FRM-10-5-9
- <i>Rotating Machine Pre Commissioning Report</i> Informe de puesta en servicio de máquina rotativa	E-FRM-10-6-1
- <i>Rotating Machine Run Test Report</i> Prueba de funcionamiento de máquina rotativa	E-FRM-10-6-2
- <i>Non Cryogenic Pump Pre Commissioning Report</i> Informe de puesta en servicio de bomba no criogénica	E-FRM-10-6-3
- <i>Lube Oil System Pre Commissioning report</i> Informe de puesta en servicio de sistema de lubricación	E-FRM-10-6-4
- <i>ITP for Rotating Machine Commissioning</i> Plan de inspección de máquina rotativa	E-FRM-10-6-5
- <i>Motor Test Report</i> Informe de prueba de motor	E-FRM-10-6-6
- <i>Mechanical Stress Free Inspection</i> Informe de inspección de "no esfuerzo"	E-FRM-10-6-7
- <i>Cryogenic pump pre commissioning report</i> Informe de puesta en servicio de bomba no criogénica	E-FRM-10-6-8
- <i>Turbine pre commissioning report</i> Informe de puesta en servicio de turbina	E-FRM-10-6-9
- <i>ITP for Electrical System commissioning</i> Plan de inspección del sistema eléctrico	E-FRM-10-7-10
- <i>Variable Speed Drive pre commissioning report</i> Informe de puesta en servicio de transmisión variable	E-FRM-10-7-1
- <i>Electric Control Loop Test</i> Prueba de las bucles de control eléctrico	E-FRM-10-7-2
- <i>Ready to energize</i> Listo para dar de alta la electricidad	E-FRM-10-7-3
- <i>Neutral System Verification</i> Comprobación del sistema de neutro	E-FRM-10-7-4



- <i>Transformer electrical protection adjustment record</i>	E-FRM-10-7-5
Informe de ajuste de protección eléctrica de un transformador	
- <i>Capacitor Bank electrical protection adjustment Record</i>	E-FRM-10-7-6
Informe de ajuste de protección eléctrica de banco de capacidad	
- <i>Auto Transformer electrical protection adjustment record</i>	E-FRM-10-7-7
Informe de ajuste de protección eléctrica de un auto transformador	
- <i>Motor electrical protection adjustment record</i>	E-FRM-10-7-8
Informe de ajuste de protección eléctrica de un motor	
- <i>Generator electrical protection adjustment record</i>	E-FRM-10-7-9
Informe de ajuste de protección eléctrica de una generatriz	
- <i>Flowmeter Commissioning</i>	E-FRM-10-8-10
Puesta en servicio de caudal metro	
- <i>Functional Diagram Checking Report</i>	E-FRM-10-8-11
Informe de comprobación de diagrama funcional	
- <i>PID Controllers and Parameter Setting List</i>	E-FRM-10-8-12
Lista de parámetros y controladores PID	
- <i>Pressure Transmitter Commissioning</i>	E-FRM-10-8-13
Puesta en servicio de transmisor de presión	
- <i>Commissioning Deviation Note Functional Analysis</i>	E-FRM-10-8-14
Informe de problema en el análisis funcional	
- <i>List of emergency stop live check report</i>	E-FRM-10-8-15
Lista de las paradas de emergencia	
- <i>Analyser Pre Commissioning and Commissioning report</i>	E-FRM-10-8-3
Informe de puesta en servicio de analizador	
- <i>Emergency Stop Live Check Report</i>	E-FRM-10-8-4
Informe de comprobación de las paradas de emergencia	
- <i>Temperature Transmitter Commissioning</i>	E-FRM-10-8-5
Puesta en servicio de transmisor de temperatura	
- <i>PLC,DCS,SGS Redundancy Test</i>	E-FRM-10-8-6
Examen de redundancia	
- <i>Level Transmitter Commissioning</i>	E-FRM-10-8-8
Puesta en servicio de transmisor de nivel	
- <i>Valve Commissioning Report</i>	E-FRM-10-8-9
Informe de puesta en servicio de válvula	
- <i>Commissioning Water Analysis</i>	E-FRM-10-9-1
Análisis de agua a la puesta en marcha	
- <i>Commissioning Gas Analysis Table</i>	E-FRM-10-9-2
Tabla de análisis de gases a la puesta en marcha	

No obstante, esta lista de atestados no incluía todos los documentos implicados en la puesta en marcha. Se buscó todos los documentos que podían tener un papel en la puesta en marcha en los varios estándares del departamento. Se utilizó la descripción del sistema de gestión de la calidad Air Liquide para encontrar estándares que llevaran a otros documentos importantes. Encontré especialmente un estándar de seguimiento de la



puesta en marcha que era una lista de todas las tareas que se pueden ejecutar: *E-FRM-10-11-2 ITP for Commissioning follow up* que sirvió luego (Ver apartado 5.4.2.3).

La lista de documentos de calidad posibles conteniendo todas estas informaciones era larga. Para reducir esta lista de documentos el jefe de servicio indicó los documentos sin importancia. Una parte de esos documentos no tenía que estar en el expediente de calidad de la puesta en marcha porque eran documentos relativos a la construcción. Pues se quitaron todos los documentos ya destinados al expediente de calidad de construcción.

5.4.2.2. *Estructura habitual de una planta*

La empresa utiliza para las plantas ASU y HyCO documentos que proponen una cierta estructura tipo. Los estándares E-TPL-10-11-1 *Description of Commissioning HyCO Areas and Systems* (Descripción de las zonas y sistemas de puesta en marcha de una planta HyCO) y E-TPL-10-11-2 *Description of Commissioning ASU Areas and Systems* proponen un recorte de las unidades ASU y HyCO que los jefes de obras utilizan para dividir el trabajo entre los diferentes supervisores de puesta en marcha: Encontrarlos me ayudó a percibir como se podría estructurar el expediente de calidad de una unidad cuando la cantidad de hojas que lo constituye puede ser demasiado voluminosa para garantizar una buena trazabilidad si se usasen unas carpetas indiscernibles.

Por ejemplo, presentamos a continuación un extracto de E-TPL-10-11-1. La Tabla 5-1 presenta todas las diferentes “zonas” que puede tener una planta HyCO y las sub-zonas llamadas “sistemas”. Se propone una numeración de esos sistemas, y se describe los equipamientos corrientemente encontrados en el sistema. Algunos equipamientos tienen un código para identificarlos en cada fábrica de Air Liquide.

La zona nº1 que aparece primero es la zona llamada SMR (Steam methan reformer), es la zona que contiene el horno de refinadura y los equipamientos relacionados en diferente sistemas. El sistema nº1.1 llamado Process feed line (Lineas de alimentación del proceso) de la zona SMR puede contener los elementos expuestos en la columna de equipamientos asociados (columna derecha). Cuando el jefe de obras empieza su preparación de la obra, coge este documento y dependiendo de los elementos que tiene la planta que se va a poner en marcha conserva los sistemas que le interesan. Todos los sistemas de purificación no están presentes a la vez en una planta, se tendrá que quitar la zona PSA o MEMBRANE según la elección que la oficina de estudios de la Ingeniería hizo cuando se diseñó la planta. De la misma manera, si el cliente no pidió producir monóxido de carbono, se quitara la zona CO SYSTEM.



AREA / SYSTEM	Nº	DESCRIPTION of MAIN ASSOCIATED EQUIPMENTS
SMR :	1	
<i>Process feed lines</i> (Líneas de alimentación del proceso)	1.1	Naphta station NG station Butane station Hydrogenator R201 Sulphur absorber R202-1/2 Pre reformer R211
<i>Process lines after reformer</i> (Líneas proceso después de refinadura)	1.2	MT shift reactor R221 Process condensate separator V221 and V222 Air cooler E227
<i>Combustion air</i> (Aire de combustion)	1.3	Combustion air blower C211 Flue Gas Fan C212 Heat recovery section : E211 to E218 Combustion air pre heater E219 Flue gas stack FL211
<i>Fuel lines</i> (Líneas de combustible)	1.4	Reformer burners Fuel pre heater E281
<i>Reformer</i> (Refinador)	1.5	Reformer tubular section
<i>Boiler and process steam</i> (Caldera y vapor del proceso)	1.6	Waste heat boiler E221 Steam drum V602 Steam injection T Deaerator V601 + Deaerator coil E225 Boiler feed water pumps P601A/B BFW pre heater E222 A/B, EE223, E224 A/B Blow down drum V603 Boiler blow down cooler E601 Dosing system (ammonia and phosphate pump)
<i>Process condensate</i> (Condensado del proceso)	1.7	Process condensate pumps P651 A/B Process stripper K651 Process condensate Feed / Effluent exchanger E651A/B/C



AREA / SYSTEM	Nº	DESCRIPTION of MAIN ASSOCIATED EQUIPMENTS
PSA (Sistema físico de purificación)	2	
MDEA (Sistema químico de purificación)	3	
<i>Process Gas Cooling</i>	3.1	
<i>CO2 absorption</i>	3.2	
<i>MDEA Regeneration</i>	3.3	
<i>Solution Pumps</i>	3.4	
<i>MDEA Preparation</i>	3.5	
<i>Process Gas to dryers</i>	3.6	
DRYERS (Secadores)	4	
MEMBRANE (Sistema mecánico de purificación)	5	
HYDROGEN SYSTEM (Sistema de hidrogeno)	6	
<i>Hydrogen compressor MP</i>	6.1	HP hydrogen compressor xxx
<i>Hydrogen compressor HP</i>	6.2	HP hydrogen compressor xxx
<i>Hydrogen Recycle Compressor</i>	6.3	
<i>Hydrogen interconnections Before compressors</i>	6.4	Hydrogen counting station CO adsorber R303 Hydrogen filters FT430A/B
<i>H2 MP interconnection</i>	6.5	MP production
<i>H2 HP interconnection</i>	6.6	HP production
<i>Start-up hydrogen</i>	6.7	Hydrogen for catalyst reduction
COLD BOX (Caja Fria)	7	
<i>Cold Box</i>	7.1	Internal Inspections
<i>Turbine</i>	7.2	DTA Turbine
<i>Cryogenic Pumps</i>	7.3	Methane Pumps
CO SYSTEM (Sistema de CO)	8	
<i>CO Compressor</i>	8.1	Internal Inspections
<i>CO interconnections Before compressors</i>	8.2	
<i>CO interconnections</i>	8.3	CO Productions to customer
UTILITIES	9	



AREA / SYSTEM	Nº	DESCRIPTION of MAIN ASSOCIATED EQUIPMENTS
<i>Instrument Air</i> (Aire Instrumentos)	9.1	
<i>Breathing air and potable water</i> (Aire respirable y agua potable)	9.2	
<i>LP Steam</i> (Vapor baja presión)	9.3	
<i>Condensate network and drain system</i> (Red de condensado y sistema de desagüe)	9.4	Effluent transfert pump P801 A/B Blow down drum V1603
<i>Cooling system</i> (Sistema de refrigeración)	9.5	Cooling pumps P229 A/B Cooling fan E229 A/B/C Cooling damper V229
<i>Nitrogen network</i> (red de nitrógeno)	9.6	
<i>Demin water</i> (Agua desmineralizada)	9.7	Demin water preheater E226 Chemical unit X1601, X1602
FLARE (Antorcha)	10	
<i>Flare Fuel</i>	10.1	
<i>Flare stack</i>	10.2	
<i>Flare network</i>	10.3	
ELECTRICAL NETWORK	11	
<i>Electrical system</i> (Sistema eléctrico)	11.1	Transformer - Capacitor banks - UPS - Earth Network

Tabla 5-1 Trama de estructura de la puesta en marcha de una unidad HyCO

5.4.2.3. Tareas aplicables a una planta

En los estándares de la empresa ya existía una lista de tareas para seguir el progreso de la puesta en marcha. Fue el origen del estándar E-FRM-10-11-5 *ITP for commissioning per system* que contiene todas las tareas que se pueden hacer durante la puesta en marcha de una fábrica.

- Interfase Construcción / Puesta en Servicio: Gestión del progreso de la construcción de cada zona de la planta.
- Conformidad con planes: Comprobación de conformidad de los elementos contruidos con los planes establecidos.



- Blowing / Flushing: Limpieza de tuberías con una circulación de gas soplado (*blowing*) si transportan gases o de líquido (*flushing*) si transportan líquidos.
- Limpieza mecánica
- Limpieza química
- Inspección interna de bidón / capacidad / cambiador de calor / columna: Se examina el interior de estos elementos antes de utilizarlos.
- Instalación de estructura interna: Algunos recipientes se llenan de elementos físicos que modifican el flujo de los fluidos.
- Llenado de catalizador / adsorbente: Algunos recipientes se llenan de catalizadores que favorecen reacciones químicas en el flujo.
- Prueba de escape: Se hinchan unos equipamientos con gases para seguir la bajada de presión.
- Prueba eléctrica
- Prueba de anillas: Comprobación de la buena conexión de los instrumentos en el sistema de control.
- Prueba de alarmas: Comprobación que en los casos decididos, las alarmas se ponen.
- Descongelación: Circulación de nitrógeno o aire caliente en un equipamiento criogénico que ha recibido agua.
- Secado del refractario: Operación específica de calentamiento del horno del refinador (*Reformer*) preliminar a su utilización.
- Inertaje: Acondicionamiento de atmósfera inerte para proteger los equipamientos de la corrosión o impedir mezclas gaseosas explosivas.
- Equipamientos rotativos
- Prueba de analizador: Comprobación del funcionamiento de los analizadores de fluido.
- Puesta en servicio del sistema de fuego y gas
- Listo para poner en marcha: Reunión donde se examina si la planta puede ponerse en marcha sin peligros para los equipamientos y las personas.
- Entrega: El cliente acepta la planta y empieza la producción

Todas no se aplican en cada zona de la planta, por ejemplo no se hace ninguna prueba eléctrica en la red de nitrógeno que no tiene parte eléctrica. No se pone en atmósfera inerte la antorcha porque siempre entran en ella varios tipos de gases diluidos en un flujo constante de nitrógeno.



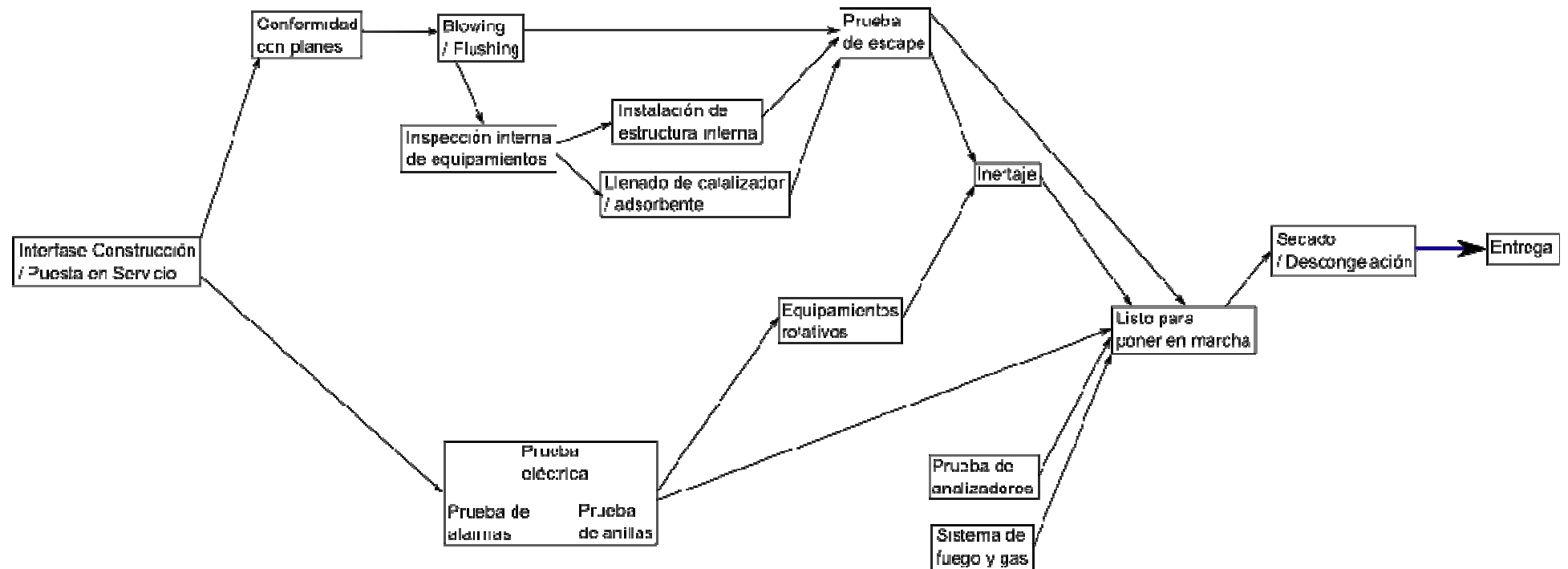


Figura 5-2 Diagrama aproximado de relaciones temporales entre las tareas

La lista anterior de tareas se completó para obtener el nuevo estándar que para cada zona de una unidad da todas las tareas que se podrían aplicar. Para cada tarea, se incluyó los documentos que se pueden usar como guía y ayuda: “input documents”, y los documentos de calidad que se han de producir: “output documents”. Para cumplir este trabajo, apareció la necesidad de desarrollar nuevos estándares de ambos tipos (GS y FRM principalmente).

5.4.3. Segunda Fase

Una vez que se empezaba a saber como se prepararía el expediente de calidad hacía falta crear un soporte para explicarlo y recordar las decisiones tomadas.

La segunda etapa fue entonces establecer un estándar en que se puedan y deban apoyar los jefes de obras para preparar y completar a lo largo de la puesta en marcha el expediente de calidad con los documentos necesarios.

Esta fase empezó antes que la primera acabase y el estándar así realizado evolucionó a medida que la estructura del expediente de calidad era más precisa.

El documento resultante se detalla en el capítulo 6 en el cual se analiza el proceso de elaboración del expediente de calidad de puesta en marcha.



6. Proceso de realización del expediente de calidad

Los documentos de trazabilidad, los más importantes, estarán separados por zona y sistemas si el tamaño de la fábrica lo necesita. Un sistema consiste en sub-zonas. Una carpeta estará dedicada a cada sistema. Estas carpetas estarán numeradas en 10.1.X.X. X.X corresponde al número de la zona y del sistema como se indica en los estándares de estructura de las fábricas detallados en el apartado 5.4.2.2 de la página 35. El numero 10 fue elegido para la identificación al servicio puesta en marcha.



Figura 6-1 Armario del expediente de calidad, (Lavera, FR)

Cada carpeta del archivo 10.1 estará separada en tareas según la organización propuesta por el estándar E-FRM-10-11-5 (Ver 5.4.2.3 pagina 38).

Luego, los documentos de trabajo, específicos de la parte de puesta en marcha estarán clasificados en carpetas numeradas de 10.2 a 10.8.

Se adjuntó a cada documento de calidad del servicio de puesta en marcha, la carpeta de destinación en su cabecera. Así cuando alguien tenga el documento en manos, se sabrá sin duda donde se tiene que ordenar. Eso permite ayudar los supervisores que llenan las carpetas con los resultados de las operaciones que realizan.



La descripción de la **división precisa** del archivo en compartimentos, asociada a la **asignación precisa** de cada documento a una carpeta única constituye el corazón de la constituyen los cambios que tuvieron las mayores consecuencias sobre la mejora de la trazabilidad de la documentación calidad del servicio de puesta en marcha.

Los demás documentos, que son comunes con la construcción utilizan un sistema común para ordenarlos. Es el caso por ejemplo de los planes de la fábrica (Master P&ID), la lista de reservas (punch list), el plan de seguridad de la obra, los procedimientos de consignación...

6.1. Las carpetas 10.1

Para el jefe de obras que prepara una obra, existen dos fuentes para los atestados que se habrá que rellenar dependiendo de la implicación del equipo del proyecto y del tipo de contrato.

Los estándares provienen en todo caso de la intranet de la empresa. En un primer caso, el equipo de proyecto transmite al jefe de obras los documentos que tendrá que utilizar. Estos están numerados, adaptados a cada equipamiento de la obra a partir de las tramas de atestados almacenadas en el intranet.

En un segundo caso, el jefe de obras tendrá que copiar todos los estándares genéricos que le podrían ser útil en la obra, y luego adaptarlos o hacerlos adaptar por el resto del equipo de puesta en marcha.

Durante el mes de preparación de la obra que el jefe pasa en las oficinas, se prepara el expediente de calidad que se va a rellenar a lo largo de la puesta en servicio / marcha.

Cada carpeta del expediente de calidad tendrá una estructura precisa, ilustrada en la Figura 6-2 de la pagina 45. Empieza por una lista de las tareas aplicables al sistema para saber lo que hay que hacer en el sistema y cuáles son los documentos que se encontraran en la carpeta. Este documento es un plan de inspección y prueba (ITP). Luego se pone un P&ID (*Piping & Instrumentation Diagram*) del sistema, los equipamientos que pertenecen al sistema se coloran para una definición precisa del sistema y de lo que contiene. Así el supervisor asignado a la puesta en marcha de un sistema sabrá precisamente cuales son los límites del sistema que tiene bajo su responsabilidad.



Antes de todos los documentos de calidad que constituyen el expediente, se pondrá también una hoja de interfase construcción y puesta en marcha para que se pueda saber lo que permiten poner en servicio los progresos de la construcción en el dicho sistema.

Estas líneas están ilustradas en la Figura 6-2 Estructura de una carpeta 10.1 del expediente de calidad



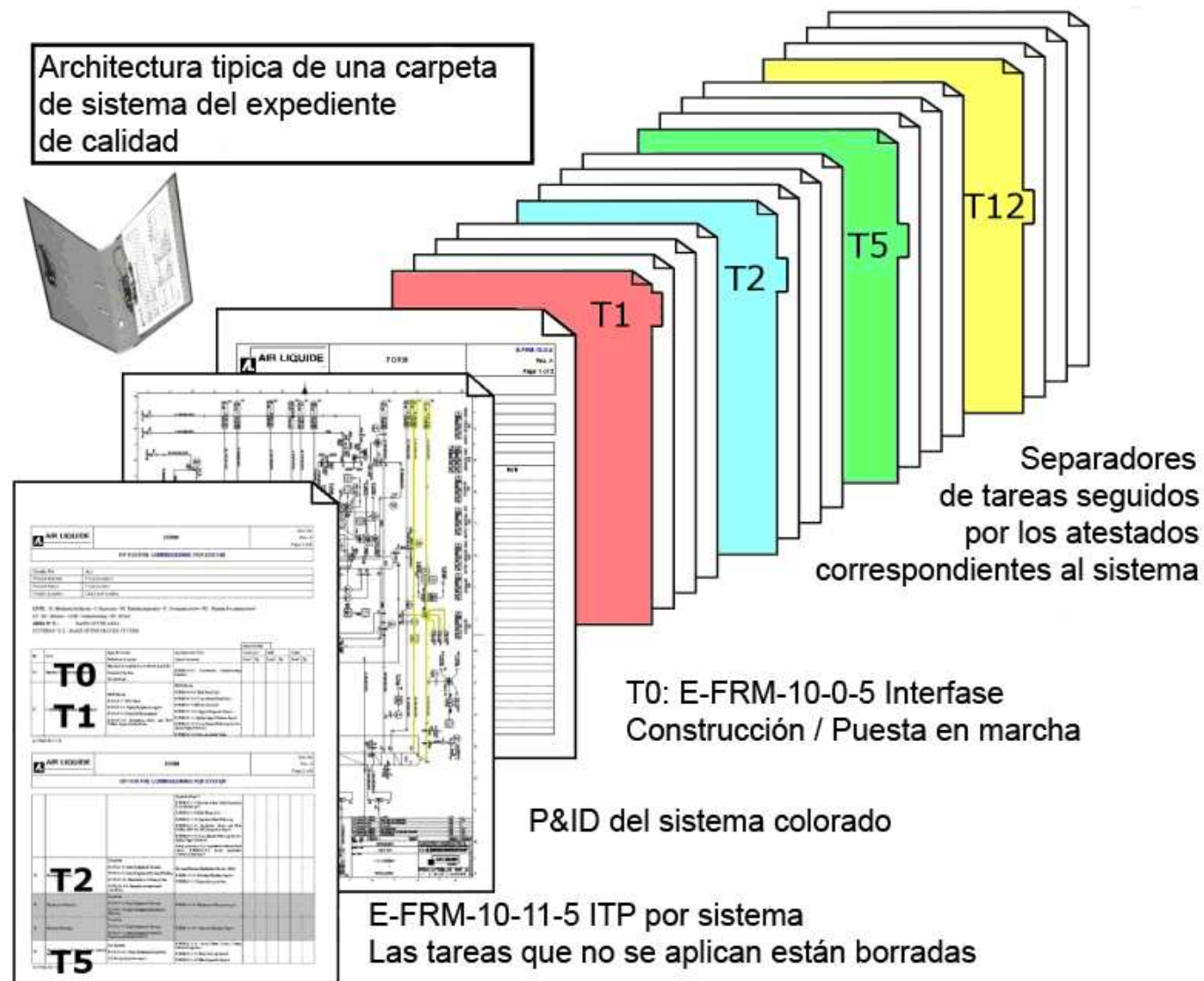


Figura 6-2 Estructura de una carpeta 10.1 del expediente de calidad

6.1.1. Primer elemento: el ITP del sistema

Usando principalmente su experiencia, el jefe de obras debe preparar un ejemplar por sistema de la *E-FRM-10-11-5* donde quitará las tareas que no se aplican al sistema. Y sólo dejará para cada tarea aplicable los documentos calidad que hay que rellenar. Este documento se encontrará al principio de cada carpeta de sistema y será como el índice de lo que se va a encontrar luego. Dar explicaciones de como se debe hacer eso resulta difícil, pero esta parte no es una tarea que se pueda describir de manera sistemática y flexible a la vez. Una explicación rigurosa sobre como se tiene que hacer haría un documento muy pesado y muy frágil del punto de vista de modificaciones futuras en la puesta en marcha.

A continuación se enseña un caso concreto : El ITP preparado para el sistema Calefacción de Pre-Regeneración de la zona de Pre Depuración de la fábrica de Shell PEARL, se presenta el ITP preparado (Tabla 6-1 Ejemplo de ITP preparado). Por información, el sistema agrupa los equipamientos que calientan el nitrógeno que sirve para limpiar el catalizador (regenerar) de las botellas de depuración.

En esta tabla, se encuentra cada tarea existente (columna Task) numerada (columna Nb). Se nota que algunas de esas están ensombrecidas porque no se aplican al sistema. Por ejemplo se puede ver que no es necesaria limpieza mecánica (T3) ni llenado de catalizador (T7) en el sistema Calefacción de Pre-Regeneración porque no contiene equipamientos que lo necesitan.

Asociados a las tareas aplicables, las columnas de *Reference documents* y *quality control form* presentan respectivamente los documentos de calidad que explican como realizar las tareas y los atestados que se tienen que producir durante su realización.

Analicemos la tarea nº1 *Conformity to drawings* (Conformidad con los planos). En cada sistema, la primera tarea que tiene que realizar el supervisor de puesta en marcha es asegurarse que la planta construida corresponde a los planos. Se tienen que examinar las tuberías y sus soportes y los Elementos Importantes de Seguridad.

Columna *Input documents (Reference documents)*: El PID Master es el plan principal de la planta (tuberías e instrumentación). El documento *E-GS-10-5-6 PID Check* explica como se tiene que hacer la comprobación de la conformidad con los planos. El documento *E-GS-10-5-4 Piping Equipment Support* explica como se tienen que examinar los soportes de tuberías. Finalmente el documento *E-GS-10-0-1 Punch List Management* detalla el funcionamiento de la lista de reservas. Es una lista de seguimiento de todas las



tareas no previstas que se tienen que realizar antes de la entrega de la planta al cliente como por ejemplo una tubería que hay que soldar o una barrera que no está fijada. Estos tres documentos también describen los documentos que se tienen que producir (listados en la columna siguiente) y la manera de hacerlo.

Columna Output Documents: Cuando el supervisor constate que algo no es conforme con los planos puede: Modificar el plano: PID Master. O pedir una modificación de la instalación añadiendo una reserva a la lista de reservas de su sistema (E-FRM-10-0-11 Field Punch List) y a la lista de reservas global (E-FRM-10-0-12 Consolidated Punch List).

Para atestar que llevó la tarea de conformidad con los planes rellena el formulario E-FRM-10-5-8 PID Check List. Para atestar que examinó los soportes rellena los formularios E-FRM-10-5-11 y E-FRM-10-5-3. Y finalmente rellena un formulario para cada Elemento Importante de Seguridad que comprobó: por ejemplo si el sistema tiene dos válvulas de seguridad, rellenará dos atestados E-FRM-10-5-6 implicando su responsabilidad en su funcionamiento. Estos formularios mencionados más arriba se pondrán todos después del separador de la tarea T1 dentro de la carpeta del sistema concernido.



Nb	Task	Input Document Reference document	Quality control form Output document
T0	Erection / Commissioning interface	Mechanical completion consolidated punch list Punch list / System Test packages	E-FRM-10-0-5 Construction Commissioning Interface
T1	Conformity to drawings (PID check)	PID Master E-GS-10-5-6 PID Check E-GS-10-5-4 Piping Equipment support E-GS-10-0-1 Punch list Management	PID Master E-FRM-10-0-11 Field Punch List E-FRM-10-0-12 Consolidated Punch List E-FRM-10-5-8 PID Check List E-FRM-10-5-11 Support Inspection Report E-FRM-10-5-3 Spring Support Release Report E-FRM-10-5-6 Pressure Safety Valve Inspection E-FRM-10-5-9 Blind Flange List E-FRM-10-5-10 Spectacle Blind Follow up E-FRM-10-5-13 Consolidated follow up List for Restriction, Noise and Flow Orifices (FO, RO, NO) E-FRM-10-8-1 Safety protection loop vaporizer/condenser level check
T2	Blowing / Flushing	Procedure E-GS-10-5-9 Line Equipment Cleaning E-GS-10-5-2 Line Equipment Blowing-Flushing E-GS-10-5-13 Preservation of steam system E-TPL-10-X-X Template for thrust ratio calculation	E-FRM -10-5-2 Blowing-Flushing Report E-FRM-10-5-5 Preparation procedure
T3	Mechanical Cleaning	Procedure E-GS-10-5-9 Line Equipment Cleaning E-GS-10-5-12 Line Equipment Mechanical Cleaning	E-FRM -10-5-7 Mechanical Cleaning report
T4	Chemical Cleaning	Procedure E-GS-10-5-9 Line Equipment Cleaning E-GS-10-5-3 Line Equipment Chemical Cleaning	E-FRM -10-5-1 Chemical Cleaning Report
T5	Vessel / Drum / Column / Tower internal inspection	GA drawing E-GS-10-3-15 Static Equipment Inspection AL factory inspection report	E-FRM-10-3-14 Vessel Drum Tower Column Internal Inspection E-FRM-10-3-13 Final Close up Record E-FRM-10-5-12 Filter Inspection Report

T6	Internals installation	GA drawing E-GS-10-3-15 Static Equipment Inspection Vendor installation manual and specifications	E-FRM-10-3-9 Internals Loading and Installation Report
T7	Filling of catalyst / adsorbant / chemicals	Vendor installation manual E-GS-10-3-9 Catalyst, Chemical, Adsorbent Loading 333.19.GR superposed dryers filling 333.39.GR Concentric 3 grids dryers filling E-EP-9-3-1 Concentric 2 grid dryers filling	E-FRM-10-3-1 Catalyst Adsorbent Loading Report E-FRM-10-3-6 Chemical Product Loading / Dosing Report Dedicated record sheet for tubular reformer E-FRM-9-3-1 Concentric 2 grid dryers filling report
T8	Leak test (design pressure leak test)	Procedure E-GS-10-3-12 Leak Test E-GS-10-3-14 Service Test	E-FRM-10-3-3 Leak Test Report
T9	Electrical test	HOLD	HOLD
T10	Loop test	Functional Diagrams A4 XXX-XXX-XXX Instrumentation consolidated alarms and trip list A4-XXX-XXX-XXX Loop drawings A4-XXX-XXX-XXX E-GS-10-8-8 Functional Analysis Management from FAT to final as built	Highlighted master as built fonctionnal diagram Highlighted master as built loop drawing As built instrumentation consolidated alarms and trip list E-FRM-10-8-8 Level Transmitter Commissioning E-FRM-10-8-9 Valve Commissioning E-FRM-10-8-10 Flowmeter Commissioning E-FRM-10-8-12 Adjustment of PID Controllers Parameter E-FRM-10-8-13 Pressure Transmitter Commissioning E-FRM-10-8-5 Temperature Transmitter Commissioning E-FRM-10-7-2 Electrical Control Loop Check E-FRM-10-8-6 PLC,DCS,SGS Redondancy test E-FRM-10-8-3 Analyser Inspection E-FRM-10-8-4 Emergency Stop Check E-FRM-10-8-2 Instrumentation Lock Form Follow Up E-FRM-10-8-7 System Forcing, by Pass, Temporal modification Form
T11	Interlocks test (function test)	Functional Diagram A4 000-018-xxx Instrumentation list consolidated alarms and trip list A4-XXX-XXX-XXX Vendor fonctionnal analysis	Highlighted master as built functional diagrams Highlighted as built INTERLOCK and RTS table (ref A4-XXX-XXX-XXX) or T diagram (ref XXXXXX) E-FRM-10-8-11 Functional Diagram Check E-FRM-10-8-14 Commissioning Deviation Note Functional

		Vendor operating manual	Analysis
T12	Visual Inspection	GA drawings	Up dated punch list
T13	Deriming	E-GS-10-3-10 Process System Drying out	Deriming highlighted master PID E-FRM-10-3-10 Process System Drying out Report
T14	Dry out of refractory	Dry out vendor procedure ref (HOLD) E-GS-10-3-13 Refractory Dry out	Dry out trends Dry out and inspection report (including pictures) from vendor E-FRM -10-3-11 Refractory drying out Report E-FRM-10-3-2 ITP for SMR Inspection after Dry Out
T15	Pre reduction catalyst activation	Pre reduction catalyst vendor specifications ref (A4 XXX XXX XXX) Commissioning procedure ref (HOLD)	Pre reduction trends Pre reduction analysis reports Pre reduction screen damp
T16	Inerting	Procedure E-GS-10-3-11 Inerting S09.00.012 Procédure générale d'inertage	E-FRM 10-3-7 Inerting Report
T17	Rotating equipment	E-FRM-10-6-5 ITP for Commissioning per Rotating Machine	
T18	Analyser test	Vendor operating manual	E-FRM-10-8-3 Analyser Inspection
T19	Fire and gas system commissioning		Vendor calibration report Vendor acceptance report
T22	Ready to start check list		
T23	Dryers start up	E-GS-10-3-1 Regex for Radial Bed E-GS-10-3-3 Regex for Horizontal Bed E-EP-10-3-2 Breakthrough CO2 test on dryers	

T24	Start – up	Vendor's operating manual E-GS-10-8-9 Operating Manual Vapo Flash	Updated Air Liquide start up procedure (ref A4 XXX XXX) Updated Air Liquide normal operation procedure (ref A4 XXX XXX XXX) Up dated Air Liquide shutdown procedure (ref A4 XXX XXX XXX) Start up data files (HOLD) E-FRM-10-9-1 Commissioning Water Analysis E-FRM-10-9-2 Commissioning Gas Analysis
T25	Acceptance		E-FRM-10-0-6 Final Acceptance Certificate E-FRM-10-0-7 Provisional Acceptance Certificate

Tabla 6-1 Ejemplo de ITP preparado

6.1.2. Segundo elemento: El P&ID (*Piping & Instrumentation Diagram*)

Una de las primeras cosas que hace el jefe de obra es separar la unidad en zonas y sistemas, como se ha visto en el apartado 5.4.2.2 para luego poder organizar el trabajo de sus supervisores en la obra. La división en sistemas es una tarea que sólo puede realizarse con la experiencia y es difícil describir de manera sistemática en la constitución del expediente de calidad. Lo prepara atribuyendo un color / señalización a cada sistema en un P&ID que le servirá de referencia. Luego para cada sistema cada carpeta contendrá en la parte del principio un trozo de P&ID con tan sólo la parte del sistema concernido coloreada. Así, se sabrá precisamente cuáles son los límites del sistema y cuáles son los equipamientos que contiene.

6.1.3. Tercer elemento: Interfase Construcción / Puesta en servicio

El servicio de construcción, que está muy relacionado con el servicio de puesta en marcha, ya tiene un sistema de gestión de la documentación de calidad. Habría sido interesante poder inspirarse en éste para establecer la estructura del expediente de calidad de la puesta en marcha. Pero, por muy próximos que sean, estos servicios tienen problemáticas y lógicas diferentes.

Durante la construcción, el progreso de la obra se analiza con un enfoque en las diferentes especialidades (Estructuras metálicas, tuberías, pintura y aislamiento, máquinas,...). Cada uno de los grupos de trabajadores de estas especialidades tiene asignado un grupo de tareas que deben llevar a cabo. Los documentos llamados “test-packs” listan las tareas de cada especialidad asociadas a los documentos de calidad que hay que producir una vez que la tarea se ha realizado. Para dar una idea, existen los “test-packs” de estructuras metálicas, tubería...

Al contrario, cuando se pone en marcha una unidad, se efectúa zona por zona dependiendo de que etapas de la construcción estén listas y lo permitan. Las zonas consideradas corresponden a sub-funciones de la planta. Por ejemplo, se considera una fábrica como un sistema de compresión de aire, seguido por el secado, por la “caja fría” que convierte el flujo de gas en líquido, luego hay el sistema de destilación y finalmente de depuración. No cuadra la estructura de los documentos de la puesta en marcha con el expediente de calidad de la construcción. La puesta en marcha trata sobre todo con zonas geográficas de la planta que requieren el trabajo de varias especialidades de la construcción mientras que la construcción analiza la progresión del trabajo por especialidad.



Así que los equipos utilizan un documento común para entenderse. Los supervisores de construcción indican en este documento el progreso de cada test-pack para que los supervisores de puesta en marcha sepan en que zonas la construcción está bastante avanzada como para empezar a ponerla en marcha.

6.2. Las carpetas 10.2 a 10.8

Como ya se ha dicho antes los atestados importantes están ordenados en el archivo 10.1. Las otras carpetas sirven como herramientas de trabajo para la puesta en marcha. Como pertenecen a la documentación de puesta en marcha en la obra, están brevemente descritas en los apartados siguientes.

6.2.1. Archivo 10.2: Blowing / Flushing

Esta carpeta permite hacer el seguimiento de las operaciones de soplado con gases y líquidos de las tuberías. Contiene un P&ID completo de la fábrica, y las tuberías están coloreadas poco a poco a lo largo del progreso de las operaciones. Se apunta en el documento los puntos utilizados para introducir el gas limpio y por donde sale. Se pone en color la parte de la tubería recorrida por el soplado.

Además de seguir las operaciones, este documento puede servir luego, para otra obra. Si una fábrica similar se pone en marcha, los planes de soplado previos podrán quizás aplicarse. Este documento expone los puntos cerrados para que las tuberías contengan el fluido presionado y por donde salió.



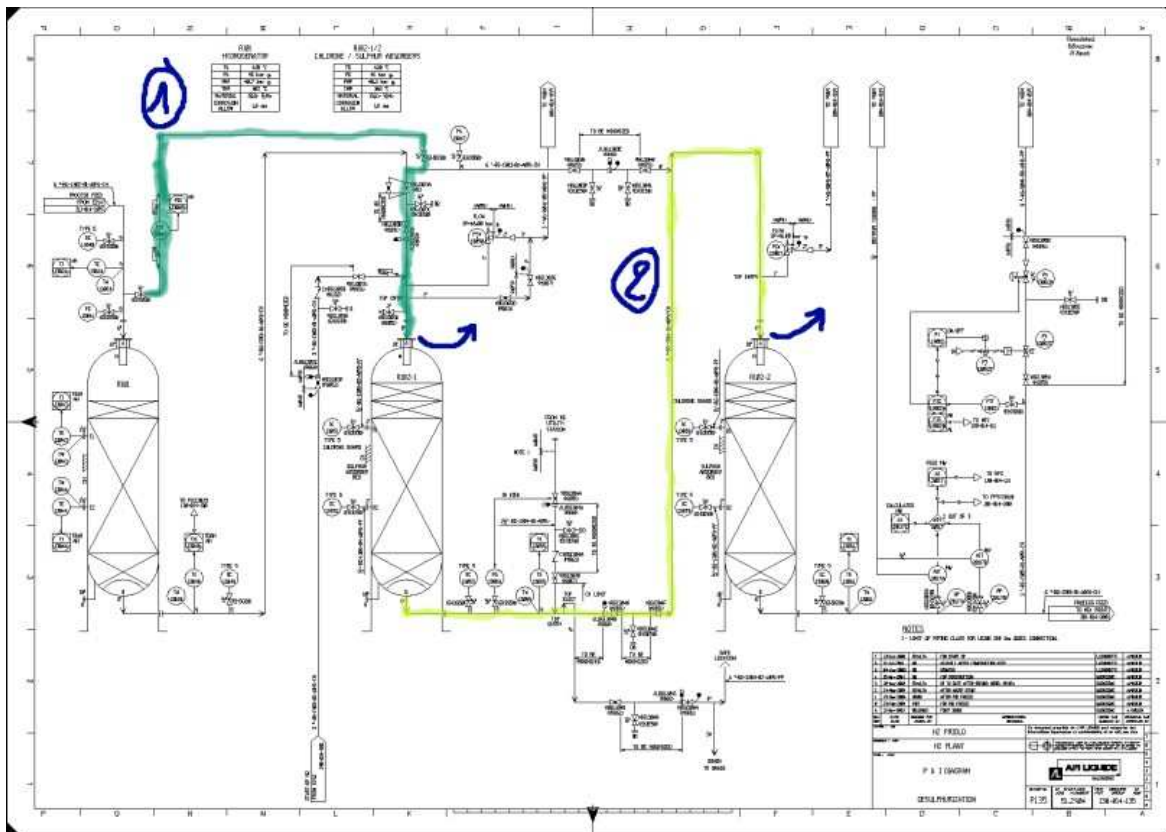


Figura 6-3 Extracto de un P&ID de soplado (Desulfurización)

6.2.2. Archivo 10.3: Drying / Inerting

De manera similar que con el archivo precedente, sirve para seguir las operaciones de secado y inertaje.

6.2.3. Archivo 10.4: Electricidad

Este archivo contiene documentos eléctricos de segunda importancia:

- Diagrama "single line"
- Estudio de selectividad
- Lista de los consumidores
- Lista de los cables

Los documentos claves para asegurar la conformidad eléctrica tienen una zona de la fábrica dedicada en el archivo 10.1.



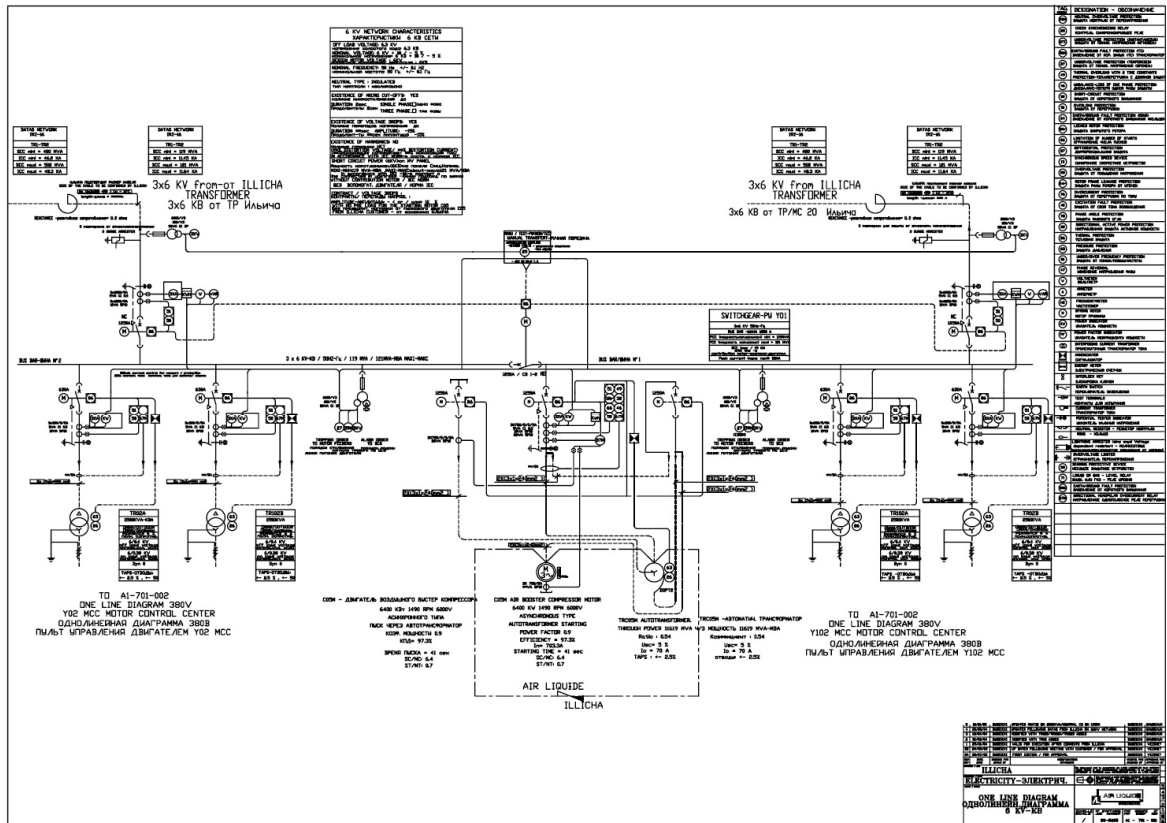


Figura 6-4 Extracto de un diagrama “single line”

6.2.4. Archivo 10.5: Instrumentación

Contiene los diagramas de las anillas “como construido”. Describen como la información emitida por los instrumentos (barómetros, termómetros,...) se envía a los sistemas de control. A menudo los instrumentos producen un corriente de 4 hasta 20 mA y los diagramas describen como el corriente se convierte en una medida de caudal o temperatura. Estos documentos se entregarán al cliente con el manual operatorio.



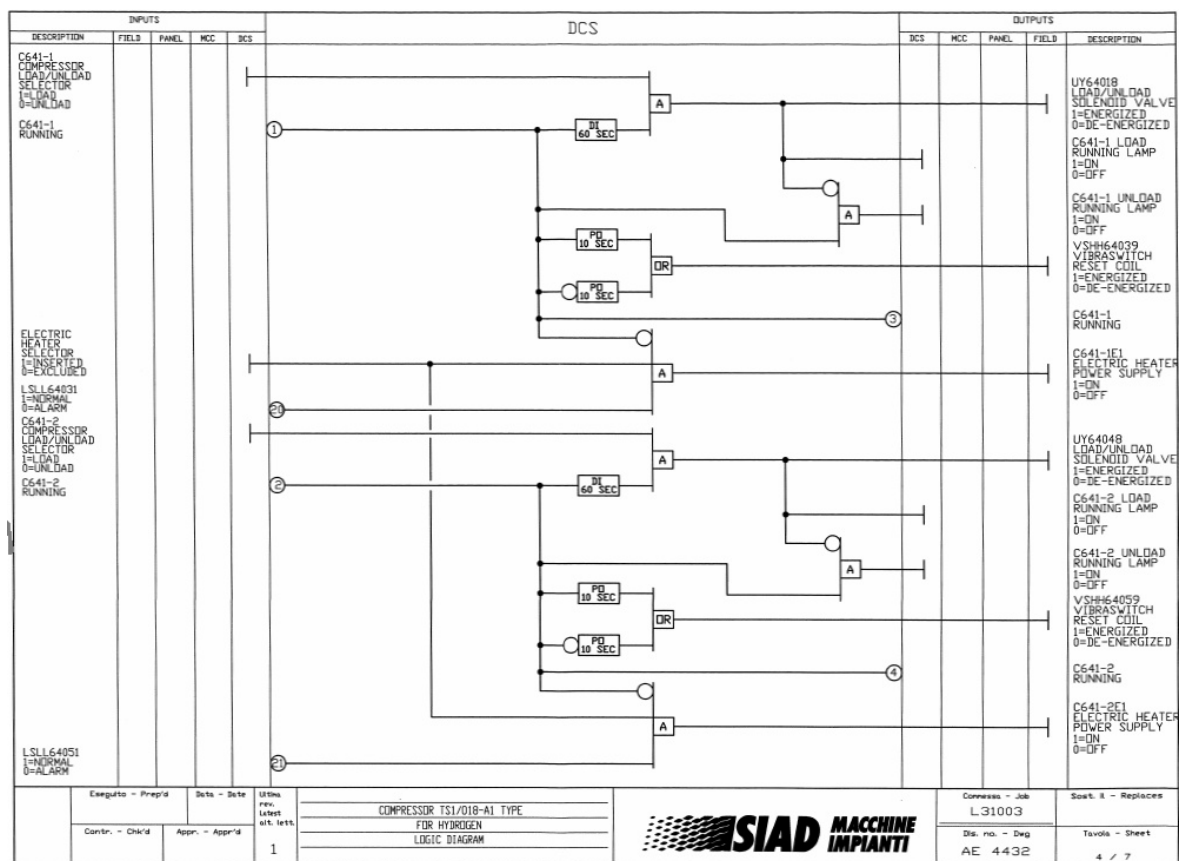


Figura 6-5 Extracto del diagrama lógico de un compresor de hidrógeno

6.2.5. Archivo 10.6: DGS SGS

Este archivo contiene diagramas de análisis funcional y lista de las alarmas. Describen la lógica que controla las alarmas y los sistemas de seguridad automáticos.



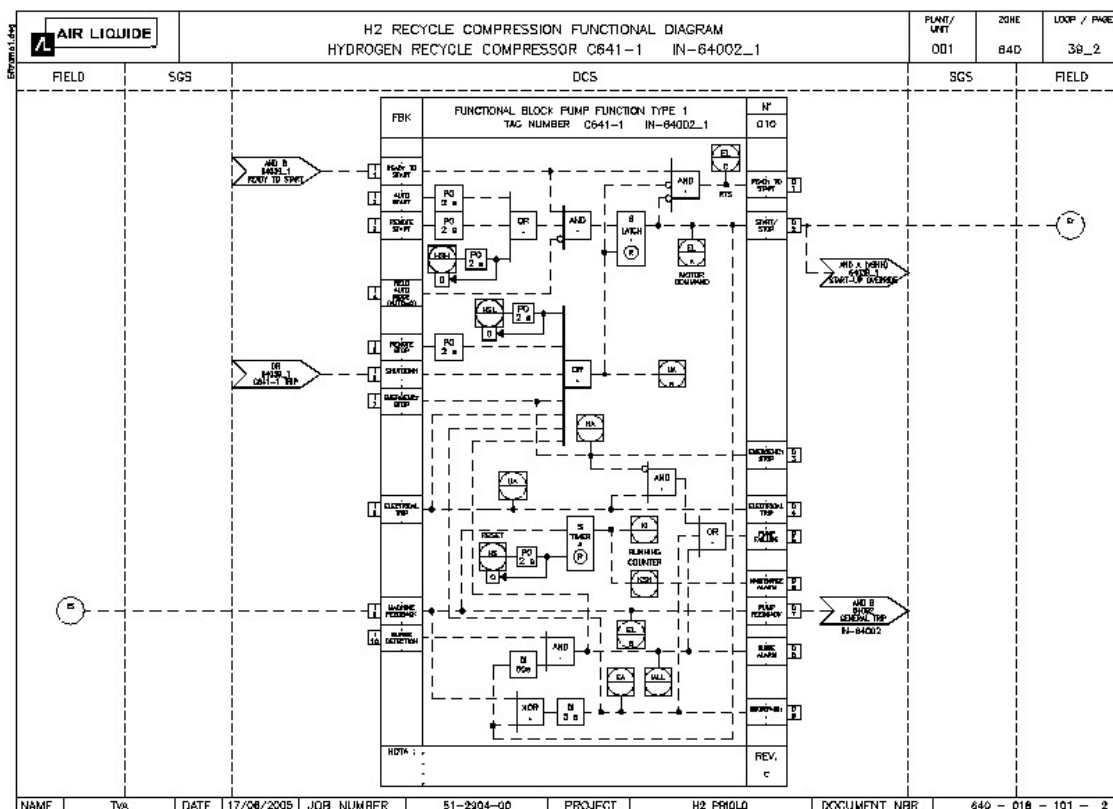


Figura 6-6 Extracto del análisis funcional de un compresor de hidrógeno

6.2.6. Archivo 10.7: RFSU

Contiene la lista de “Hazards and Operability”, Análisis de los modos de fallo y de su criticidad y atestado recapitulativo de la puesta en servicio de los equipamientos de seguridad.

La RFSU (Ready For Start Up) es una etapa importante de la puesta en marcha. Durante la reunión RFSU se comprueba que todos los puntos claves para asegurar una primera producción industrial en completa seguridad.

6.2.7. Archivo 10.8: FIP, Pruebas de capacidades

Contiene los atestados de primera producción industrial y copias de pantallas de las medidas de capacidades de la fábrica.



7. Funcionamiento del expediente de calidad: Ejemplo de aplicación

Presentar una planta entera con todos sus equipamientos y las implicaciones sobre todos los equipamientos es algo muy complejo. Necesitaría las capacidades de un jefe de obra con varios años de experiencia y no solamente las de un proyectista. Por lo tanto eso sale del contexto de este proyecto y no se puede presentar aquí una descripción entera de un expediente de calidad de un proyecto completo.

Se va a presentar la vida del expediente de calidad de la puesta en marcha de la planta H2 de Lavera (Francia). Desde el principio de la obra hasta su finalización por los supervisores de puesta en marcha. En cada nivel estructural, solo se desarrollara una parte precisa del expediente hasta llegar a los documentos de una carpeta del archivo 10.1 como el presentado en el apartado 6.1.

7.1. Estructura de la planta

7.1.1. Descripción breve de la planta

Las necesidades en H₂ (dihidrógeno) de las compañías de petróleo han recientemente aumentado con las nuevas normas que rigen las tasas de contaminante en los carburantes. Se necesita esta molécula para refinar el petróleo hacia productos de bajo contenido en azufre y de mayor valor añadido. Se construyó la planta H2 Lavera de Air Liquide dentro de la refinería Ineos (antiguamente BP) de Lavera cerca del estanque de Berre : zona industrial con muchos complejos químicos en el sureste de Francia.



Figura 7-1 – Tanques de almacenamiento dentro del complejo de Lavera.



Tiene una capacidad de 25000 Nm³/h de H₂ que se exporta directamente a las entidades consumidoras. Produce también un excedente de vapor que inyecta en la red de vapor del complejo. Para producir estos gases, se importa directamente el CH₄ (metano), así que no tiene ningún almacenamiento de productos químicos.

La depuración del Syngas se hace mediante un PSA (*Pressure Swing Adsorber*): proceso físico que utiliza variaciones de presión y adsorción.

7.1.2. Las diferentes zonas y los sistemas

Utilizando la trama propuesta en el apartado 5.4.2.2 de la página 35 y quitando las zonas que no se aplican, se llegó a este recorte:

ZONAS / SISTEMAS	Numeración
SMR :	1
Líneas de alimentación del proceso	1.1
Líneas de proceso después del refinador	1.2
Aire de combustión	1.3
Líneas de fuel	1.4
Refinador	1.5
Caldera y vapor proceso	1.6
PSA	2
Sistema PSA	2.1
SYSTEMA DE HIDROGENO	3
Compresor MP de hidrogeno (Media Presión)	3.1
Compresor de reciclado de hidrogeno	3.2
Arranque hidrogeno	3.3
UTILIDADES	4
Aire Instrumento	4.1
Vapor LP (Baja Presión)	4.2
Red de condensado y sistema de desagüe	4.3
Sistema de enfriamiento	4.4
Red de Nitrógeno	4.5
Agua Desmineralizada	4.6
ANTORCHA	5
Sistema de Antorcha	5.1

Tabla 7-1 Estructura de la planta H2 Lavera



Tenemos entonces 17 sistemas. Para cada uno de ellos, habrá una carpeta dedicada en el expediente de calidad.

Cuando esta estructura está establecida, se puede apuntar en un P&ID: Se atribuye un color diferente por sistema y cada tubería, brida, válvula u otros equipamientos que pertenecen a un sistema se colorean en un plano único. Luego con este documento de base se prepara una copia del plano para cada sistema donde de la misma manera los límites del sistema estarán indicados. Estos planes se pondrán al principio de cada carpeta de sistema.

Así tenemos la estructura del expediente de calidad: 17 carpetas numeradas en 10.1.X.X donde X.X designa la numeración del sistema. Entramos a continuación en el detalle de un sistema preciso de entre estos 17 existentes.

7.2. La carpeta 10.1.1.5: el sistema *Reformer* (Refinador)

7.2.1. Descripción del sistema y de las operaciones a realizar

7.2.1.1. El equipamiento

El *Reformer* es el corazón de la planta. Es el lugar donde la mezcla de metano y vapor se cambia en Syngas:

Para dar una idea (sin equilibrar la formula): $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CH}_4$

Esta reacción se produce a 900°C en presencia de un catalizador. El catalizador está dispuesto en 87 tubos de 14m de altura y 9cm de diámetro.

El sistema comprende los 87 tubos llenos de catalizador y los 2 tubos de 20 pulgadas (50cm) que llevan el *feed* (mezcla antes de la reacción) y que recogen el Syngas que sale de cada tubo. Por los cambios de calor, la parte de arriba de los tubos se mueve, así que pusieron soportes con resortes (*Spring Support*). 21 soportes fijan 4 tubos cada uno, y 3 soportes fijan 1 único tubo. Todos estos tubos tienen una extremidad cerrada con 8 o 30 pernos. El tubo de salida que recoge el Syngas a 900°C está cubierto de una capa de 50cm. de hormigón refractario.





Figura 7-2 – Introducción en un tubo del soporte del catalizador

7.2.2. Estructura precisa de la carpeta

7.2.2.1. Estructura de la carpeta

La carpeta 10.1.1.5 contendrá primero un plano que define los elementos constitutivos del sistema. El funcionamiento de este documento fue presentado al final del apartado 7.1.2 de la página 60. Luego se pondrá un ejemplar de la lista de control E-FRM-10-11-5, como el presentado en el apartado 6.1.1 página 46 con solamente las tareas siguientes:

AREA N° 1: SMR
SYSTEM N° 1.5 : Reformer

N°	Task	Tarea
T0	<i>Erection / Commissioning Interface</i>	Interfase Construcción / Puesta en marcha
T1	<i>Conformity to drawings (PID Check)</i>	Conformidad con los planes (P&ID check)
T2	<i>Blowing / Flushing</i>	Soplado
T5	<i>Vessel / Drum / Column / Tower internal inspection</i>	Inspección interna de los recipientes
T7	<i>Filling of catalyst / adsorbent / chemicals</i>	Llenado de productos químicos
T8	<i>Leak test</i>	Prueba de escape
T13	<i>Dry out of refractory</i>	Secado del hormigón refractario
T15	<i>Inerting</i>	Acondicionamiento de atmósfera inerte

Tabla 7-2 – Lista de las tareas aplicable al sistema estudiado



Y por fin, 7 separadores (uno por tarea aplicable) seguidos por los atestados correspondientes que se detallan en el apartado siguiente.

7.2.2.2. *Explicación de las tareas y documentos de salida*

Tarea 1: Conformidad con los planos.

Esta tarea es obligatoria en cada sistema. Si se notan problemas, se pone al día la lista de reservas E-FRM-10-0-11/12. Los documentos de salida para nuestro ejemplo son:

- 1 atestado de realización de la verificación de conformidad E-FRM-10-5-8
- 24 atestados de puesta en servicio de los soportes con resortes E-FRM-10-5-3

Tarea 2: Soplado de la tubería

Esta tarea es obligatoria cuando hay tubería en un sistema. Permite quitar las suciedades y varios objetos raros (varas de soldadura, trapos, cascos,...). Para hacer el seguimiento global de la tarea, el P&ID Master de Soplado se pondrá al día (ver apartado 6.2.1 sobre el archivo 10.2). Los documentos de salida son:

- 1 atestado describiendo el procedimiento de soplado E-FRM-10-5-5
- 1 atestado de realización del soplado E-FRM-10-5-2

Tarea 5: Inspección de los recipientes

Esta tarea se hace cuando un sistema tiene un recipiente que se va a rellenar con algún producto químico o un elemento físico. En nuestro ejemplo eso concierne a los 87 tubos que se rellenan de catalizador. Se producirán 2 documentos:

- 1 atestado de inspección de los tubos E-FRM-10-3-14
- 1 atestado de cierre final, cuando ya los tubos están rellenos E-FRM-10-3-13

Tarea 7: Llenado de catalizador

Cuando se carga un producto químico, se tienen que gravar unos datos importantes como: el tiempo durante el llenado (sol, viento,...), los números de lotes del producto cargado, las cantidades exactas,... Los documentos de salida son:



- 1 atestado general de llenado de catalizador E-FRM-10-3-1
- 1 atestado específico para recordar todos los números de lotes utilizados y la caída de presión a través de cada tubo del refinador E-FRM-10-3-16

Tarea 8: Prueba de escape

En cada sistema que tiene bridas o conexiones de tuberías se prueban los escapes. Cuando se ha terminado, se rellena:

- 1 atestado de prueba de escape E-FRM-10-3-3

Tarea 13: Secado del refractario

Es una tarea específica del sistema que contiene el refinador. Una vez puesto el catalizador, se hace circular nitrógeno caliente con unas curvas de temperatura precisas. Se guarda:

- Las curvas de temperatura real medidas durante el secado
- Fotos de la inspección final después del secado
- 1 atestado de la lista de los puntos de control E-FRM-10-3-2
- 1 atestado de realización del secado E-FRM-10-3-11

Tarea 15: Acondicionamiento de atmósfera inerte

Eso se hace en cada equipamiento de la planta: máquinas rotativas, recipientes llenados, tubería sopladas,... El acondicionamiento permite preservarlos de las agresiones de un aire sucio y corrosivo.

Una atmósfera inerte es muy peligrosa por el riesgo de anoxia; por lo tanto, se espera hasta el último momento para importar el nitrógeno hacia la planta. Para hacer el seguimiento de las partes de la planta con nitrógeno, se utiliza el archivo 10.3 basado en el mismo principio que el seguimiento del soplado. Cuando se acondiciona un sistema de atmósfera inerte, sólo se produce:

- 1 atestado de inertaje del sistema E-FRM-10-3-7



7.3. Utilización del expediente de calidad durante la obra

El jefe de obras de puesta en marcha es responsable del contenido del expediente. En función de la experiencia de los supervisores y del tiempo que tiene, el jefe de obras puede preparar cada carpeta con los formularios necesarios o pedir al supervisor encargado del sistema de hacerlo.

Cuando por ejemplo, el supervisor ha verificado los 24 soportes con resortes del apartado anterior, coge los formularios adecuados, los rellena y los pone dentro de la carpeta 10.1.1.5 tras el separador de la tarea correspondiente. La puede encontrar sólo mirando el principio de la carpeta, donde hay el ITP E-FRM-10-11-5 que lista las tareas. Si tiene dudas sobre el destino de un documento, está escrito en la cabecera del documento.

En este caso, el formulario será de la forma presentada en la página siguiente



Quality file	10.1
Project Number	51 2783
Project Name	H2 Lavera
Client / Location	AL Grandes Empresas

1. – <u>SYSTEM :</u>		
2. – <u>EQUIPMENTS :</u> Reference specification :	4. – <u>DATE of COMPLETION :</u>	
3. – <u>HAS BEEN RECORDED :</u> The following spring supports (see attached sheet) have been released in accordance with the general specification given in E-GS-10-5-4 Piping Equipment Support. For each following spring support: - the blocking system is removed; and - the ambient position of the pointer is in between hot and cold settings (check in dedicated area). <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 10px;"> Support ref..... <input type="checkbox"/> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-bottom: 10px;"> Support ref..... <input type="checkbox"/> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Support ref..... <input type="checkbox"/> </div> The checked supports data sheets are compliant with design data sheets.		
5. – <u>COMMENTS:</u>		
6. – <u>SIGNATURES :</u>		
<u>AIR LIQUIDE :</u> Name : Date : Signature :	<u>SUB CONTRACTOR :</u> Name : Date : Signature :	<u>CLIENT :</u> Name : Date : Signature :

Tabla 7-3 - E-FRM-10-5-3 Atestado de verificación de un soporte con resorte



Antes de la realización de este proyecto, los jefes de obras no tenían ninguna guía para la construcción de los expedientes de calidad. Entonces, se producían unas diferencias importantes entre las estructuras de diferentes puestas en marcha. No se podía prever cuál sería la posición de un documento en la carpeta cuando se buscaba a posteriori. Ahora, se puede localizar muy precisamente.

Los actores principales en el crecimiento del expediente, los supervisores, son personas en general con poca experiencia en la calidad y se quejan cuando hay que hacer papeles. El nuevo sistema, con su explicación precisa que se puso en un estándar de la empresa y el apunte del destino de un documento en su cabecera facilita también esta parte de su trabajo que pueden encontrar aburrida.

Vemos que este proyecto, gracias al análisis y a la recopilación de testimonios, buenas prácticas y reglas empresariales ha llegado a su objetivo de mejora de la trazabilidad.



8. Presupuesto

Aquí se detalla el presupuesto de este proyecto: los costes vinculados con la mejora de la trazabilidad de las operaciones de puesta en marcha.

NB: El tiempo de trabajo fue 26 semanas de 35 horas. La formación sobre el intranet y la seguridad en Air Liquide tardó 1 día. Los vestidos para la obra incluyen zapatos de seguridad, un pantalón y 2 camisas. Durante reuniones semanales se discutían los problemas y cuestiones con el jefe. El tiempo utilizado así por el servicio se evaluó en "Presupuesto horario del servicio".

Concepto	Importe correspondiente
Salario	18.000€
Estancia en sitio de obra (viajes, dietas,...)	2.700 €
Alquiler del ordenador fijo	2.520 €
Formación	300 €
Vestidos para la obra	150 €
Presupuesto horario servicio puesta en marcha	1.800 €
	Total : 25.470 €

Tabla 8-1 Presupuesto del proyecto de mejora de la trazabilidad

Los beneficios en el tema de calidad son difíciles de cifrar. El impacto de este proyecto se vera en el tiempo de búsqueda en los antiguos archivos que será reducido. Los jefes de obras tendrán mas claro los documentos que tienen que producir. Los archivos de calidad serán mas ricos por justificar la calidad de una planta. I a lo mejor eso ayudara el equipo en la obra para no olvidar ninguna prueba.



9. Política medio-ambiental

9.1. El desarrollo sostenible en Air Liquide

Una empresa como Air Liquide, que desde hace 100 años realiza con éxito la misma actividad, que lleva el mismo nombre, que se desarrolla regularmente dando beneficios, que construye relaciones a largo plazo con sus grandes clientes, en la que los trabajadores tienen a menudo mucha antigüedad y cuyos accionistas individuales demuestran una gran fidelidad, se inscribe naturalmente en una perspectiva de desarrollo sostenible.

Los principios del desarrollo sostenible forman parte de la estrategia de empresa de Air Liquide entorno a cuatro dimensiones:

- **Responsabilidad con el accionista:** Desarrollo de la actividad y la rentabilidad de la empresa a largo plazo y con transparencia.
- **Seguridad** de las personas y las instalaciones.
- **Preservación del medio ambiente** y de los recursos naturales, en las operaciones del Grupo y con sus clientes.
- **Innovación y progreso tecnológico** para garantizar el desarrollo de la empresa y de sus clientes.

9.2. Preservación del medio ambiente

Air Liquide desempeña un papel activo para respetar el medio ambiente, tanto en las operaciones como con sus clientes.

- **En las operaciones**

Practica una actividad industrial extremadamente limpia.

No obstante, la producción de gas requiere grandes cantidades de electricidad y su dominio de la energía en sus unidades de separación del aire da sus frutos: el consumo energético por unidad de gas producido se ha reducido en un 10 % en los cinco últimos años.



• Con los clientes

Numerosas aplicaciones de los productos y servicios contribuyen a la protección del medio ambiente, a la protección de los productos de los clientes y, en el campo de la salud, a la protección de la vida. Estas aplicaciones son una fuente de crecimiento para el Grupo.

Algunos ejemplos:

- El dopado con oxígeno en el tratamiento de aguas
- La Combustión con oxígeno puro, que reduce considerablemente las emisiones de óxido de nitrógeno, una de las causas de las lluvias ácidas.
- La Reducción del contenido de azufre de los carburantes mediante hidrógenación
- La puesta en marcha de energías limpias con la pila de combustible que funciona con hidrógeno, cuya combustión produce únicamente agua.
- La Congelación y preservación de alimentos gracias al nitrógeno líquido.
- La Higiene hospitalaria gracias a los productos y servicios en el campo de la esterilización.

Este proyecto se inscribe totalmente en esta política. Se ha explicado ya que los impactos de la trazabilidad de las operaciones de puesta en marcha son varios. La determinación facilitada de las causas de un accidente contribuye, por su parte, a la transparencia de las actividades de la empresa. Permite aumentar la seguridad de las instalaciones explotadas y asegurar su conformidad con las especificaciones utilizadas. Así se puede afirmar que este tipo de proyecto, aunque pequeño a la escala del grupo, ayuda a hacer de Air Liquide una empresa más sana que será más lista para respetar sus compromisos medio-ambientales.



Conclusión

El establecimiento del sistema de calidad se basó en una recogida de informaciones de numerosas fuentes, para luego tratarlas y organizarlas. Antes de tomar cualquier decisión, hizo falta comprobar que respetaba todas las personas que utilizan y trabajan con los documentos de calidad. Este trabajo me ha requerido mucha iniciativa para comunicar con personas, rigor para ser exhaustivo y método para llegar a un resultado coherente.

Discutiendo con los actores de la calidad en la puesta en marcha, se diseñó la vida del expediente calidad. El sistema de archivo en que el servicio se fijó entiende la numeración de los archivos del armario de calidad, y dentro de ellos la estructura de los documentos presentes. Hoy la referencia para establecerlo está descrita en un estándar destinado a los jefes de obras principalmente. Así, tienen una herramienta más adecuada para organizar la calidad en sus obras. Y se puede llegar finalmente a una uniformización de los expedientes de calidad que mejora la trazabilidad.

El fin de mi periodo de trabajo en Air Liquide estuvo marcado por una auditoría de AFAQ (organismo francés de certificación de calidad). Se auditó toda la Ingeniería, y como parte de eso el servicio de puesta en marcha (26-09-2006 por Michael Wrigley), para obtener la certificación ISO 9001:2000 de ALE.

Preguntaron a mi jefe sobre la calidad en el servicio y varias preguntas fueron sobre el tema de la trazabilidad. El auditor se marchó satisfecho por el sistema de organización y por los progresos conseguidos por el departamento en el último año. Durante la última auditoria habían salido puntos negros sobre la trazabilidad, y se había pedido a mi jefe que mejorara eso. Por esta razón, me contrató y considera ahora mi misión cumplida.

Ahora que el sistema está diseñado y documentado, el paso siguiente consistirá en asegurarse que los jefes de obras están enterados y lo aplican.



Bibliografía

Además de todos los estándares Air Liquide mencionados previamente, se utilizaron estos documentos para poder entender las problemáticas de la puesta en marcha.

CAZENAVE Alain et al. *ASU Operating Handbook [Funcionamiento de una unidad de separación del aire]*. Paris: BIALEC ed. Marzo 2005. 6 vol.

DIOT Christian. *Manuel de Management de la Qualité*. Revisión 3. Champigny-sur-Marne: [s.n.], 2005. 57p.

Eole. Air Liquide Engineering and Large Industries. Junio 2006, nº25. Paris: Air Liquide, Dirección Comunicación, 1988- .

MAIRE Dominique et al. *Encyclopédie des gaz [Enciclopedia de los gases]*. Ed 2006. Paris: [s.n.]

MICHELK Edie. *Procédé de reformage de méthane à la vapeur [Proceso de refinadura de metano con vapor]*. Champigny-sur-Marne: [s.n.], 2002. 107p.

WAKS Fabienne et al. *100 ans de conquêtes: L'aventure d'Air Liquide [100 años de conquista: La aventura de Air Liquide]*. About, Florence (ed.). Paris: Textuel, 2002. 191p.

